

极端干旱荒漠的“荒漠化”

慈龙骏

中国林业科学研究院, 北京 100091

E-mail: longjunc@yahoo.com

2011-03-01 收稿, 2011-08-17 接受

中国科学院“百人计划”(2006-067)和国家自然科学基金(40872168)资助项目

摘要 本文所研究的极端干旱荒漠(简称极干荒漠)的“荒漠化”是指, 由于全球变化和人类活动在内的种种因素造成的极端干旱荒漠的土地退化. 极干荒漠占中国干旱区总面积的36.9%左右, 包括部分沙漠、戈壁、高寒荒漠、盐渍化土地、“吐加依”和劣地等类型, 其中约50%左右的土地有一定的生产力, 而且往往是荒漠地区的生物地球化学循环系统的终端, 不仅有重要的科学研究价值和新发现的巨大潜势, 并且是国民经济发展的新前沿阵地, 在能源、矿产、水资源、生态、生物多样性、旅游和特色农业等方面具有重大意义. 在当今人口越来越多、耕地越来越少的全球化的世界, 面对这些大面积还具有生产潜力的“边缘”土地, 需要重新认识和评价. 由于极干荒漠地区自然条件十分严酷, 沙尘暴肆虐, 土地退化极为严重, 面临全球变化和愈来愈严重的人类干扰的挑战, 发生了一系列生态和环境的重大事件. 如荒漠盆地生物地理结构与格局和生物地球化学循环过程遭到极大的改变和破坏; 荒漠中有价值的野生动植物种质资源和珍贵基因的丧失; 荒漠自然历史和文化遗产的破坏和丧失等. 极干荒漠的荒漠化的客观存在, 是对国民经济发展和人民生活的灾难, 在当前我国国民经济强大实力和需求下, 充分发挥科学的作用, 打造出由土地-水-荒漠化防治的高端技术, 建立极干荒漠的荒漠化新概念及其治理与保育的时机已成熟. 本文根据多年考查实验, 提出极干荒漠的荒漠化分类、特征、保育和重建技术措施等.

关键词

极干荒漠的荒漠化
荒漠化
极端干旱荒漠
土地退化
生态保育和重建

极干荒漠的“荒漠化”与《联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是非洲防治荒漠化的公约》(本文简称《公约》)中关于“荒漠化是指年降水量与潜在蒸发散之比在0.05~0.65之间的干旱、半干旱和亚湿润干旱区的土地退化”有所区别^[1,2]. 即《公约》规定, $MI < 0.05$ 的极端干旱区的退化土地不列入联合国防治荒漠化行动计划范围内^[3,4]. 此决定虽是考虑到极干荒漠治理的难度大、投资高, 但主要原因是发达国家为减少对《公约》的融资承诺. 这些发达国家, 如美国(地广人稀, 不太考虑极干荒漠的退化问题)和中东波斯湾一带(尤其是许多盛产石油的富足国家, 在极干荒漠中投巨资建造高科技园林城市)等不考虑极干荒漠的治理. 然而一些第三世界国家

受影响较大^[5], 致使大面积具有一定生产力的“边际”土地严重退化, 无人管理. 如我国的极干荒漠地区面积约达 $1.224 \times 10^6 \text{ km}^2$, 其中50%以上的土地具有生产力, 这里不仅矿产资源、能源资源、农业特色产业资源发展潜力巨大, 而且还有相当多的常住人口, 是不可忽视的社会、经济、人文科学的宝贵财富, 又以其稀有的自然资源、特有的生物、宝贵动植物遗传基因和奇特美丽的地质-地貌景观、埋藏于茫茫荒漠中许多古文化废墟和古代历史遗产中, 以及众多少数民族聚居和拥有丰富旅游资源被国内外科学探索及旅游爱好者所吸引. 这是一个具有丰富内涵的复杂的巨系统^[6]. 为此, 联合国秘书长潘基文^[7]曾提出: “干旱区土地蕴藏着巨大的生物多样性和生产力. 早

地土壤的生物多样性在把大气中的碳转化为有机碳,为地球最大的有机碳库方面发挥着举足轻重的作用.为此,联合国重申对防治荒漠化的承诺.”在我国国民经济迅速发展的强势下,西部地区迅猛发展势在必行.但是,极干荒漠的生态系统异常脆弱,荒漠化将随着该地区的开发、人口的增长、耕地减少的矛盾日益剧烈,面对大面积“边际”土地的退化,如何用先进的科学技术把水、土地和荒漠化防治技术结合起来^[8,9],将系统的无序性变为有序的过程,使极干荒漠中部分有生产力的土地建成具有高经济利用和发展的新前沿阵地是十分重要的科学问题¹⁾.

本研究通过对新疆和西北地区生态建设的长期研究和考察,查阅了国内外大量新老文献并参考了国家林业局《第四次全国荒漠化和沙化监测报告》(2010年送审稿)等重点文件,有根据地提出建议:在今后履行《公约》过程中结合实际情况,改变荒漠化的防治范围指标,使我国和第三世界国家的大面积极干荒漠的荒漠化归口管理并合理地得到《公约》保护下的综合治理措施和归口管理,这不仅具有重要生产价值,也具有深刻的科学意义.为此必须对极端干旱荒漠进行大尺度分类并对极干荒漠的荒漠化特

征、保育和重建措施等进行研究.

1 极干荒漠

极干荒漠是荒漠景观中自然条件最为严酷和干旱的部分,同时又具有独特、珍贵的自然资源和经济价值.为了科学地、有计划地进行极干荒漠的荒漠化保育和生态重建工程,有必要对极干荒漠进行分类.

1.1 极干荒漠分类框架

(i) 分类的基本原则^[10,11]: (1) 热量和地形、地貌的分异; (2) 地表覆盖状况; (3) 土地利用前景和人类经济利用; (4) 以水为核心的生态重建; (5) 与全国荒漠化监测系统基本一致的原则.

(ii) 极端干旱荒漠分类框架见图 1.

1.2 极干荒漠分类的指标

根据分类原则,提出以下分类指标体系^[11,12]: (i) 极干荒漠的主要大地类: 沙漠、砾漠(戈壁)、石漠、盐漠、高寒荒漠、劣地等; (ii) 根据热量分布和大地类中的等级差异划分为亚地类; (iii) 根据地貌类型划分; (iv) 地表覆盖物及其生态系统的差别.

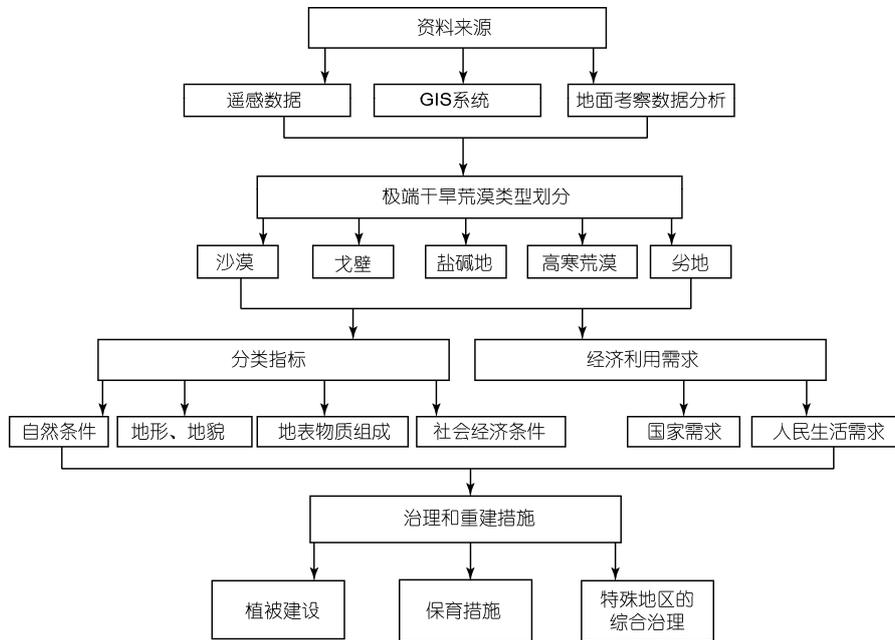


图 1 极端干旱荒漠分类框架图

1) 张新时. 西北生态圈. 宁夏大学学术报告, 2010

1.2.1 极干荒漠的地类划分

依据地质结构、地貌单元的分布,极干荒漠的大地类主要划分为:沙漠、戈壁(砾漠)、盐漠、寒漠和劣地等,其主要特征如下.

(i) 沙漠(sandy desert)^[12-14],主要指地表被深厚沙层覆盖的极干荒漠地带.中国沙漠位于温带(含暖温带荒漠).其中,塔克拉玛干沙漠面积最大,包括周围零星的沙丘在内占全国沙漠总面积的45.1%,其流动沙丘面积占我国沙漠中流动沙丘总面积的65%,是世界上第二大流动沙丘.古尔班通古特沙漠是我国第二大沙漠,是我国最大的固定、半固定沙漠.巴丹吉林沙漠是我国第三大沙漠,是我国沙丘最高大的沙漠.这三大沙漠都位于极端干旱区中.大沙漠内部,地表以沙粒为主,在不同尺度的空间运动,形成起伏的沙丘地貌,构成该地区的景观外貌;在无植被覆盖或覆盖度很低的干燥状态下,中心地表沙粒

常年被风吹蚀,当风速为 5 m s^{-1} 时,一般极细沙、细沙(粒径 $0.10\sim 0.25\text{ mm}$)就开始被吹扬移动,形成风沙流^[12,14].表层细沙被大风搬运至沙漠边缘或远处,沙漠内仍有大量风化物质和沙粒不断碰撞和磨擦而产生沙尘物质.沙漠中环境虽然恶劣,但还有小的湖泊、干河床、丘间地和间歇性河流等分布(图2),甚至有小面积绿洲、草地散布其中,可以维持着沙漠中少量耐旱植物如胡杨、柽柳和多种沙生、盐生植物的生存.另外,沙漠中蕴藏丰富的矿产资源,如塔克拉玛干沙漠、库尔班通古特沙漠油田等都已大量的开采,并建起纵穿大沙漠中心公路.事实证明,沙漠不是“死亡之海”,但也必须根据沙漠的水分状况、沙丘间面积、植被和经济利用价值来“因地制宜、因害设防”进行极干荒漠的荒漠化防治.

(ii) 戈壁(Gobi desert)^[11,15],又称砾漠,主要指地面组成物质以砾石为主、植被稀疏而地形大体平坦或波状起伏的荒漠.在我国大约分布有 $45.8 \times 10^4\text{ km}^2$,主要分布在我国荒漠地带山前洪积冲积倾斜平原中上部.戈壁一般分剥蚀(侵蚀)和堆积类型两种.分布于塔里木盆地、准噶尔盆地、柴达木盆地及河西走廊等内陆盆地边缘及山麓地带的戈壁为堆积类型.由于地质结构和地貌部位的不同及形成过程的差异,戈壁地面组成物质各不相同.壤质戈壁分布在山前洪积-冲积扇中下部和河流两岸,由洪水或河流带来的壤质土淀积而成,由于地形较平坦,水土条件较好,是极干荒漠中发展特色农业的重要基地.

(iii) 盐漠(Saline desert)^[10,16],是荒漠过程最典型和最极端的形态之一.荒漠中这种形式的地球化学景观是过去和近代钠、镁和部分钙的氯化物和硫酸盐的长期积

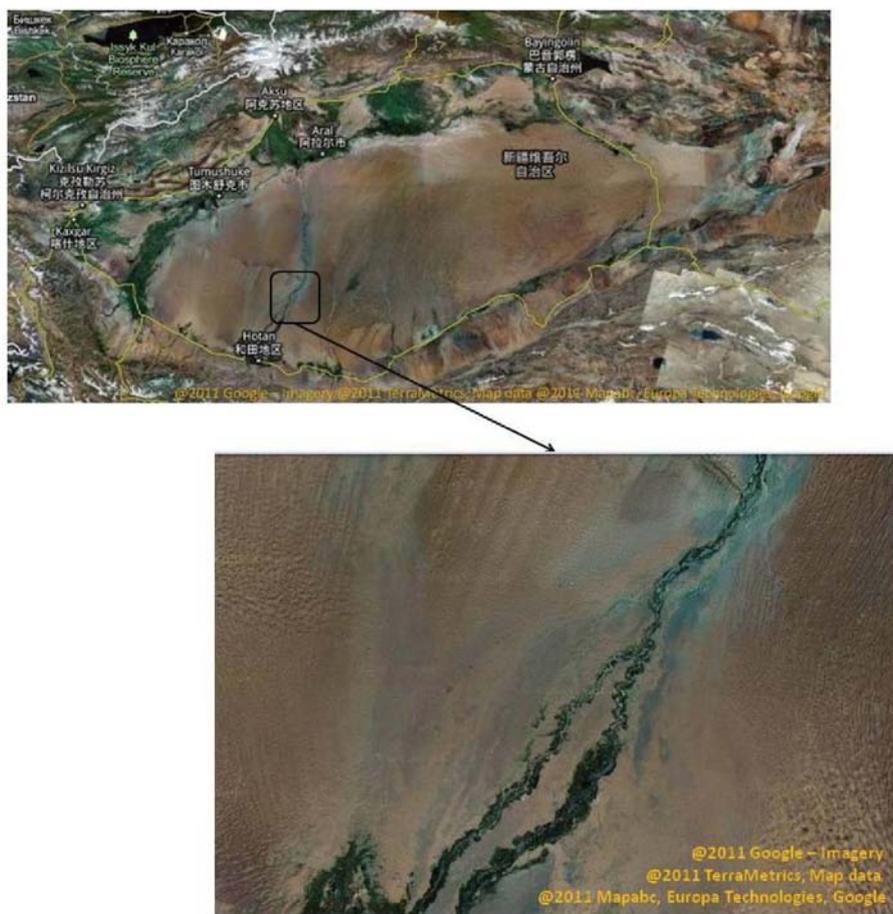


图2 塔克拉玛干沙漠
其中有干河床,其两侧分布有吐加依林和小面积绿洲

累结果,数量巨大,几乎可以完全代替细土或沙粒而形成纯盐分或盐卤的矿藏(图3)。

我国土壤盐渍化面积约占国土面积的 1/10^[10]左右,极干荒漠盐土区主要集中盆地闭流区,如塔里木盆地、吐鲁番盆地和柴达木盆地。另外,在昆仑山以南、横断山以西的青藏高原高寒荒漠是世界上海拔最高的湖群区,由于气候干燥、蒸发强烈,有些已浓缩为咸水湖,有些湖泊缩小或干涸,其周围与干湖盆形成各种类型的盐碱地,多分布在荒漠盆地的湖滨平原、干湖盆和山前洪积-冲积扇下缘地下水近地表处的扇缘带,塔里木盆地的昆仑山和天山山麓的扇缘带宽达数十公里,形成环塔克拉玛干大沙漠的近2000 km 长的最大盐碱土带,是最大的“边际”土地。荒漠盐碱土地表土层掺有大量盐分,或为盐壳、盐沙丘等特殊地貌,缺乏水分和有机质,盐分特别是石膏、碳酸钙和一些易溶盐含量高^[16,17],但有一定的发展潜力,可发展盐生植物(咸水绿洲)产业、盐生草地畜牧业和盐生灌丛“怪柳圈”——生物质能源基地^[18,19]。

(iv) 高寒荒漠(Alpine desert)^[10],主要分布于青藏高原山地的丘陵缓坡漫岗、山前洪积-冲积平原、湖滨平原以及高山冰雪侵蚀区前缘等地。环境的脆弱性、高海拔及所处地理地貌位置、地表面物质状况和人为活动的影响造成了高原多年冻土呈退化趋势,高寒荒漠化呈大面积扩展。近年来,过度放牧使草皮层碎化、裸露化,形成冻融滑塌、草皮脱落、泥石流滑泻等更促进高寒荒漠严重退化。

(v) 劣地(Badland),因自然和人为的原因造成了极干荒漠的严重退化^[20,21],如土壤流失后的岩石堆积、基岩裸露、风蚀水蚀残丘、露

天煤矿开采后未复垦的地面以及其他破碎的无任何植被覆盖的裸地等皆构成劣地。而且,干燥气候和地质结构为极干荒漠塑造了奇特的风蚀地貌,在无人管理的情况下,形成了大面积不能利用的土地,如雅丹、方山(魔鬼城)、干旱的丹霞地貌(砂岩石漠)和干旱石林等亦属此类。

1.2.2 极干荒漠的亚类划分

根据各大地类的热、水、土状况划分3~4个亚类。干燥气候是造就沙漠、戈壁的必要条件^[1,12]。极干荒漠是荒漠中最干旱地带,酷热、严寒、大风、土地质地粗砺、贫瘠、多沙石、石膏、盐碱、有机质含量极低,自然环境条件十分严酷^[1,22]。这里一般年降水量在100 mm 以下,有些地区在若干年份滴雨不降,如

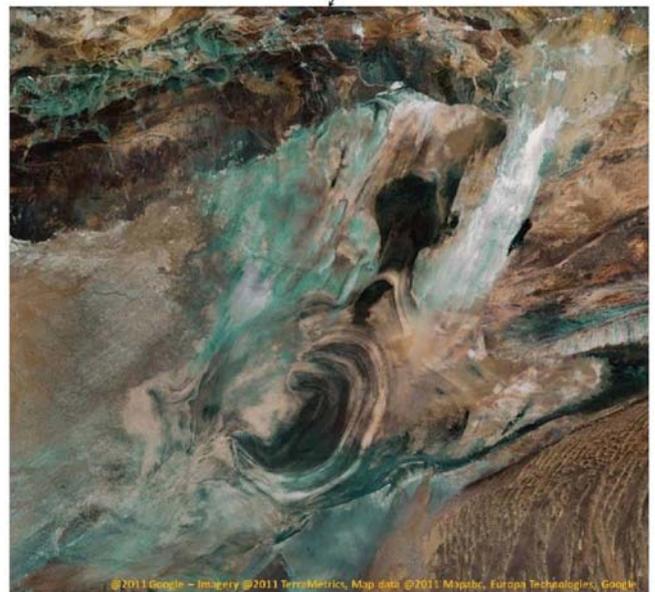


图3 塔克拉玛干沙漠东部罗布泊地区极端干旱荒漠

塔里木盆地东部的沙漠、戈壁年降水量在 10 mm 以下,若羌、且末最低,在 0~5 mm 之间,但每年变化较大.地下水埋藏较深,多达数百米,风沙活动频繁且强烈,5~6 m s⁻¹的起沙风经常出现,风沙日占全年的 1/2~2/3;大风日数多,最大风力可达 40 m s⁻¹,是我国沙尘暴的重要起源地之一^[10,12].热量充足,太阳能与风能充足,全年日照时数高于 3000 h 以上,在暖温带无霜期长达 200~300 d,如塔里木盆地日温 >10℃的积温为 4100~4300℃,足供温带多种作物生长发育需要^[22].

1.2.3 极干荒漠局部地貌的差异

局部地形条件,如高大沙丘、丘间低地、洪积冲积扇缘地、平坦地形或起伏不平沙地等各种地形地貌,都造成立地条件和植物生长条件的差异.

1.2.4 地表面覆盖状况及生态系统的差别

植被稀疏矮小,种类不多,覆盖度低,净第一生产力很低或接近于零.在广大的沙漠和戈壁上分布稀疏矮小的旱生或超植物,大沙漠中心的间歇性河流、干河床附近或丘间低地可见零星的胡杨、柽柳及其他旱生植物,分布不均^[23];土壤贫瘠盐渍化严重,土壤剖面发育不全,土层很薄或表层细土被吹蚀,有机质缺乏,盐分含量很高,多有石膏硬盘存在等严重盐碱化表征.

1.3 极干荒漠分类及防治对策

表 1 列举了极干荒漠分类及防治的若干可能对策.

2 极干荒漠的荒漠化特征

某些极干荒漠(荒漠)曾经有过灿烂的文化,繁荣和富裕的历史,由于气候的变化而历经沧桑,战争和人类活动无知愚昧的干扰,造成了难以逆转的极干荒漠的荒漠化.

2.1 极干荒漠的荒漠化直接形成原因

形成的原因主要有:(i)全球气候变化;(ii)无防护的土地开垦、开掘(矿区、交通、采石等);(iii)河流下游断流、尾间湖干涸;(iv)无序灌溉和平原水库

引起的次生盐渍化;(v)破坏植被(樵采、过牧)和盗猎野生动物;(vi)无序旅游对环境和古迹景点的破坏等.

2.2 极干荒漠的“荒漠化”过程和主要事件

青藏高原的隆起造就了我国西北广袤的远离海洋深居内陆的地理格局,带来了中国除热带以外的整个地区的气候和植被地带的巨大变化,造成中国西部(青藏高原)的高寒化、寒漠化、北部(含蒙古)的草原化、荒漠化和非地中海化的生态-气候特征.因此,极端干旱气候和温带荒漠条件为极干荒漠的“荒漠化”过程提供了重要自然地理背景.

在漫长的人类发展史中,荒漠却往往是人类文明的发源地.尼罗河的沙漠、中东荒漠中的两河新月地带、印度河和黄河都是干旱地区或荒漠的边缘地带.绝非偶然,干旱的荒漠一旦与河流结合便会产生膏腴之地,迸发出极大的生产力.而气候变化和人类不合理活动造成了河流的断流、湖泊的干涸,水的匮乏而产生了绿洲的消亡,这就是极干荒漠的“荒漠化”过程.

由于全球气候变化和人类的不合理活动,干旱化、荒漠化、盐渍化使荒漠盆地与地球化学循环过程破坏.首先,河流在中游被拦截用于灌溉而断流,使下游地区因缺水而无法进行农业生产,甚至人类不能生存.盆地的尾间湖泊盐化加强,甚至完全干涸.大面积扇缘带被开垦后地表盐渍化非常严重,农田的长期滴灌,整个土层和耕作层形成很硬的盐盘,盐分难以排出;荒漠盆地的生物地球化学循环过程被中断,生物地理格局遭到极大的改变和破坏.古楼兰的消失和罗布泊的完全干涸就是结果¹⁾.

在我国的极干荒漠——塔里木盆地和河西走廊西部,有多达 300 万以上的人口生活在受河水灌溉或地下水补给的“非地带性”绿洲和荒漠河流沿岸.这类极端干旱荒漠盆地的周围通常是阻挡湿气流的山地,往下是山麓倾斜的洪积——冲积裙带,在冲积锥上水土适宜的地段和河岸分布有天然的绿洲,并被人类开垦成农业绿洲^[1,24].一旦这个系统的平衡受到破坏,极干荒漠的荒漠化就将发生.

“吐加依”(tugay)群落是亚非荒漠地带最具特色

1) 中国科学院院士、专家“新疆生态建设和可持续发展战略研究报告”咨询项目工作组.新疆生态建设和可持续发展战略研究总结报告. 2008. 8

表1 极干荒漠的分类及防治对策

类型	亚类	地形地貌	地表物质	利用前景	当前状况	生态保育与重建	
沙漠 I	I-1	大地形基本平坦	粉沙、细沙或中沙	(1) 石油和天然气开采; (2) 发展风力发电厂	局部地区已开采石油、天然气,开展了风力发电实验场	封沙育草,保护植被.重点开发区有计划启动特殊防护工程	
	I-2	地形波状起伏	细沙或中沙或少量矮小植被	(1) 石油和天然气开采; (2) 风力发电场;(3) 勘探、旅游	局部地区已开采石油、天然气及试行风力发电场	保护植被,严禁破坏.重点工程进行综合防护措施	
	I-3	高大沙丘群	细沙、中沙或粗沙	(1) 旅游;(2) 科学考察	当前没有被充分利用	严格保护植被	
	I-4	沙丘间低地	粉沙、细沙和少量植被.或小面积绿洲、牧场	(1) 牧用;(2) 林用;(3) 农用	面积较大者部分农业利用,部分林牧业利用或栽植胡杨、柽柳	严格保护植被,适当利用,保护天然胡杨林群落	
戈壁 II	II-1	地形起伏平缓	地面覆盖大片剥蚀堆积物,地表物质粗	(1) 风大,可用于风力发电场;(2) 局部地区可挖洪客土灌溉种植葡萄水果	局部地区已利用作风力发电场和葡萄种植	控制利用面积,严格地下水的开发,采用防风障和必要的生物措施	
	II-2	地形波状起伏	地面以粗砾为主,基岩时有裸露,植被覆盖度 1%左右	在有条件的地段,利用冬季闲水种植灌木和草本植物	未充分利用	严禁人为破坏,保护地表植被和地表免于人为践踏	
	II-3	第四纪洪积、冲积扇的中下部	壤质戈壁,植被覆盖 3%~5%左右	(1) 有地下水或泉水溢出处,土地可用于农林牧业;(2) 有条件处种植中碳生物质能源	大面积山前冲积扇被开垦为新绿洲,目前因缺水或严重盐渍化,耕地退化	防止过渡开垦,改良盐渍化土地,特别是滴灌造成的土壤盐盘	
盐漠 III	III-1	洪积、冲积扇扇缘地带	含盐量很高的沙质、壤质低地或缓坡地	改良后可用作农林业生产;恢复胡杨林和柽柳圈;面积较大者可建生物质能源基地	农牧业利用,生产力极低.目前仍有残存胡杨、柽柳群丛	(1) 生物改良,恢复胡杨、柽柳群丛;(2) 水利改良,利用季节剩水浇灌	
	III-2	湖盆或盆地集流区	地表为浓缩的盐碱壳或退缩湖盆	开发盐、硝矿等化工产品	部分地区已开发钾盐工厂,潜力很大	(1) 严禁人为破坏;(2) 开发与保护结合,采取防风固沙措施	
高寒荒漠 IV	IV-1	高原山地的丘陵缓坡漫岗以及高山冰雪侵蚀区前缘等	冻土消失		尚未采取保护措施		
	IV-2	高原山地山前洪积-冲积平原、湖滨平原	草皮层碎化、裸露化,形成冻融滑塌、草皮脱落、泥流滑泻	保护性畜牧业,舍饲养畜	放牧过度	严格保护,禁止过度放牧,舍饲养畜	
劣地 V	V-1	风蚀残丘	地表为岩石碎屑,风蚀物美妙多势	旅游业利用	未充分利用	实行封禁,防止人为破坏	
	V-2	雅丹、方山及其他风蚀、水蚀形成的地貌	地形崎岖形状各异		未充分利用	严禁人为破坏,保护植被,加强水土保持措施	
	V-3	古代和现代水文网系统	千沟万壑,古代和现代水文网系统	水土保持		严重水土流失	强度的水土保持工程,包括生态工程和水利工程
	V-4	其他各种类型难以利用土地	破碎、大面积零乱堆积碎石等	清除污染,变害为利		污染环境和人民生	重要地区,启动特殊工程

的植物群落(荒漠河岸胡杨林、柽柳灌丛和芦苇、罗布麻、甘草草甸的统称),是荒漠地带生物多样性最丰富的生态系统和天然绿洲,是数千年来为荒漠地区人民提供生活和生存条件的庇护所.由于塔里木河上游及其支流的流量被拦截,洪水消失,加上人们长期对植被的过度樵采、开垦和放牧,极干荒漠河岸“吐加依”群落大量消失,只有不到10%是正常生长,长约2000 km,环塔克拉玛干大沙漠边缘的“柽柳圈”已断链.极干荒漠的“荒漠化”已成为当今生态性灾难,造成土地荒芜,风沙四起,民不聊生¹⁾.

荒漠中保存有极为珍贵的基因,是未来生命科学发展的关键基因库之一^[11,25].有特殊珍贵的温带荒漠野生动植物群,其种质资源是21世纪和人类未来发展农作物、观赏植物、医药和轻工业生物原料的基因源.由于荒漠环境的严重退化,荒漠中有价值的野生植物种质资源及重要基因已严重丧失,同时,大型野生哺乳类有蹄哺乳食草动物,温带荒漠特有的大型有蹄类哺乳类食草动物群几近灭绝.

3 极干荒漠的“荒漠化”的治理与重建

这是一个复杂的系统工程.地球上这个退化的独特生物群区(Biome)受系统内高温、干旱、风沙等恶劣条件控制,各组分处于无序的、变化的和涨落起伏之中.极干荒漠的“荒漠化”的治理与重建,将改善系统的原始结构和功能,使系统与外界环境之间的能量流、物质流与信息流在新的结构中得到改善与协调^[1,8].科学的治理是以水为中心,土为基础,生物为主导的生态管理综合措施;再根据治理的可能条件(水、土等立地条件)和对治理的需求状况划分最急于治理、急于治理和一般治理三级.提出了极干荒漠荒漠化土地的关键技术、保育措施、植被重建工程和特殊地区的综合防治工程等.

3.1 极干荒漠的荒漠化治理的几个关键技术

这是地球上最为特殊地区的治理工程.它除了拥有丰富的石油、能源化工资源、重要的动植物基因资源、具有特色的自然地理资源、大面积的“边际”土地之外,还是国防军事要地,少数民族聚居地和沙尘暴在国内的源头以及百万计的极端贫困的百姓.

为了开发、保育和重建这块特殊的土地,要启动新技术,高投入和创新工程,达到经济上高效益,社会的高回报,生态环境的高标准.在治理工程中建议采用下列几类技术.

(i) “集水”的技术.极干荒漠地区降水量很低,但可利用部分地下水、小区径流水、凝聚水、洪水期的地表水、咸水及处理后的工业用水等多种渠道汇集的水,同时通过减少水面蒸发和土壤渗漏可节省大量水.我国极干荒漠地区河流、湖泊水资源浪费极大,水的管理呈混沌无序状态,急需利用高分辨率卫星遥感,对我国西北和北方极干荒漠的水文进行勘察和仔细算账,规划出科学管水、用水以及解决水的一整套方案¹⁾: (1) 节水.用管道代替明渠输水,据实验,可减少40%以上的水面蒸发;采用计算机控制进行田间滴灌,既节约用水,又提高灌溉质量. (2) 引水和储水.极干荒漠四周为高山,高山降水、径流水和洪水期地表水都必需充分利用和储存.筑坝蓄水、将洪水期多余水储于地下,挖坚硬窑洞藏水于地下及民间以备急需,还可引径流灌溉农业等. (3) 咸水淡化或利用咸水灌溉.总之,切实地实行科学管水、用水,我国的极干荒漠荒漠化治理就有保障.

(ii) “土”的技术. (1) 施用BGA土壤激活剂. BGA土壤激活剂是一种新环保型产品,一种无污染的改良土壤、保水抗旱、提高植物光合速率、营养植物等功能的有机抗旱肥料^[26].它能在其他产品无法种植的逆境条件下大幅度提高植树成活率和农产品质量,作用快速而长久,在国内外已成功运用,同时对改良沙土结构、覆盖地表和提高作物产量效果明显,不需大量灌溉.在极端干旱区如非洲和沙特的土壤结构改善、提高作物产量、防治病虫害的综合作用明显. (2) 极干荒漠盐水灌溉技术.极干荒漠的荒漠化造成大面积次生盐渍化土地,应充分利用盐生植物资源,大面积种植盐生植物并产业化.

(iii) “生物”技术. (1) 品种选择:选择耐旱、抗风沙、耐盐碱或盐生植物优良品种. (2) 以生物为主(灌、草)与半隐蔽式机械沙障和化学治沙结合的合治理模式,形成对地表覆盖(根据防护的目的提出局部地区的覆盖度)^[27]. (3) 微生物治理荒漠化技术:沙地地表的微生物“结皮”,可保护地表免于风蚀,是防治

1) 同2617页脚注

土地荒漠化有效的措施之一。近年来已成功的进行了微生物“结皮”人工繁殖,并小面积的用于生产。

3.2 保育措施

在重点开发区、边防站附近、多民族聚居的地方、人类活动造成的严重退化地区,将退化植被封禁保护起来,禁止人为开垦、樵采、放牧等活动,同时采取人工辅助措施,促进退化植被及土壤的恢复,使之逐渐恢复其原有的生产力。如严格管理,一般3~5年即可见效。有条件的地段采用人工促进措施,接既定的方向提高土地的利用价值。

3.3 极干荒漠的荒漠化土地的更新与重建

在军事要地、边防区、重要基因源(动、植物)地区、荒漠中古代文物遗产等地,建立保护地或自然保护区。由国家统一计划,选择保护区类型、确定规模和投资。我国干旱荒漠生物-气候类型存在较大的差异^[28,29],塔克拉玛干大沙漠为暖温带荒漠,库尔班通古特沙漠属温带荒漠,柴达木盆地沙漠属寒温性干旱荒漠,藏北为高寒荒漠。根据不同的荒漠类型建立保护地。现以退化的极端干旱的塔里木盆地为例,提出以下更新、重建措施。

(i) 关于胡杨林的更新、重建。胡杨林的退化十分严重,天然更新和成林的维护存在很大的困难,沿河流下游几乎未见有胡杨幼苗。建议划定条件稍好的地段建立胡杨的自然保护区和人工造林地。修建山区水库和固定河道,通过渠道和生态闸进行定量灌溉^[30~32]。目前,胡杨育苗和造林已有成熟的技术,只需政府的重视,制定保育和发展胡杨林、禁止乱砍乱垦的政策,为极干荒漠地区人民生存和环境安全作保障。

(ii) 关于重建环塔里木扇缘带的“怪柳圈”、发展碳中性的生物质能源基地。塔里木盆地的“怪柳圈”,特别是位于塔里木河下游的极干荒漠区的怪柳受到严重的破坏,其防护功能严重受损。为了恢复生态并与生物质能源基地建设结合,重建环塔里木扇缘带的“怪柳圈”,具有重大的生态和经济意义。怪柳属植物耐瘠薄、耐盐碱、耐沙埋,抗风效果好、特别是对盐碱地和沙地具有较强的适应能力。在干旱荒漠地

区可利用河流的冬闲水和夏季的洪水进行大面积怪柳人工播种、插条和平茬更新^[18]。怪柳有丰富的热能量,据中国科学院院士咨询材料¹⁾,新疆怪柳的热值约每公斤19000 kJ,每年每公顷怪柳的生物量为4.2 t,以 $1.30 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 的怪柳面积计算,3年生的怪柳干物质可达约 $5.5 \times 10^6 \text{ t}$ 干生物质,相当于 $3.55 \times 10^6 \text{ t}$ 标煤,可供42座25 kW的电厂使用,完全可以满足目前新疆农村年用电量。新疆天然怪柳群落面积约 $1.33 \times 10^6 \text{ hm}^2$,西北地区更多,建设一定规模的碳中性生物质能源基地具有很大潜力,特别是利用怪柳发展肉苁蓉(大芸)可明显增加农民收入,将干旱荒漠地区的生态重建和经济效益结合起来将是一项值得推广的重要的生态和利民工程。

(iii) 发展盐生草地畜牧业。极端干旱荒漠区绿洲面积十分有限,不可能大量发展草地畜牧业,但社会对畜产品有很大需求,绿洲农业和果树业必不可少的有机肥又极端缺乏,成为增产的瓶颈。如在广阔的盐渍化扇缘带通过水土规划大面积地种植耐盐牧草,发展养羊业和养牛业,则不但可能解决上述两个问题,并可增加极干荒漠区的绿色覆盖和经济收入^[10]。

(iv) 植被建设的“三圈”系统。植被建设的“三圈”生态-生产范式,是干旱生态系统重建的优化结构(图4)。是基于干旱区生态系统与景观的空间格局及其生态和环境因素分配与流动趋势的机理而进行生态管理与设计的生态-生产范式。该范式适用于干旱区和极端干旱区退化土地的生态重建。“三圈”范式在空间尺度上有大小尺度之分,前者控制洲际范围的荒漠化扩展及沙尘暴蔓延,解决生态-生产建设宏观格局;小“三圈”则用以控制区域性风沙活动、沙尘暴和就地起沙的危害、改善地方气候和小气候。一个地理单元、流域或一个工矿开发区、居民区、旅游基地等都可以按不同的防护目标来设计和构建寓于大“三圈”之中的小“三圈”系统,形成不同尺度的圈圈嵌套、相辅相成的完整防护网络^[33]。

“三圈”范式的第一圈是灌(草)带,位于被保护地的最前沿,以恢复和保育天然灌(草)地,形成保护带和水源地,占系统的90%以上,其防护效应见表2和表3;第二圈是非灌溉或半人工灌草林带,占全区总

1) 同2620页脚注1)

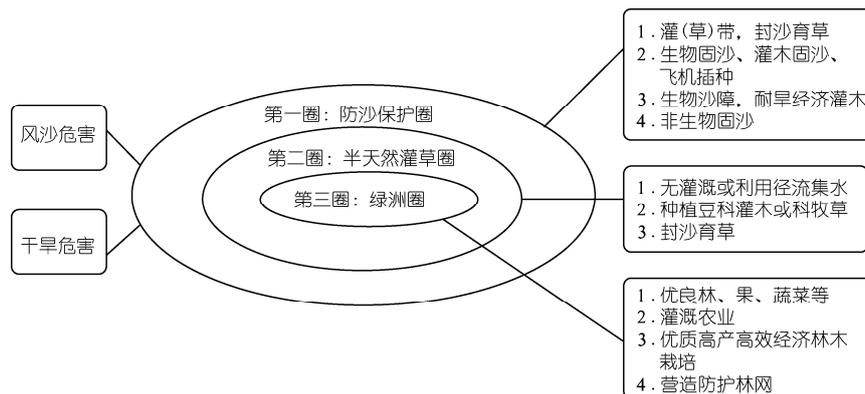


图4 “三圈”生态-生产范式图

表2 干旱区灌草带防风效应^[35]

观测点距灌草带前沿距离(m)		对照	53	106	159	212	244	
观测点植被特征	覆盖度(%)	0	18.30	51.70	53.00	55.30	60.70	
	平均高(m)	0	33.40	34.50	42.50	45.50	48.30	
距地面高度	0.5 m	风速(m s ⁻¹)	12.43	9.27	8.47	7.53	7.06	6.80
		与对照点相比(%)	100	74.60	68.10	60.60	56.80	54.60
	1.0 m	风速(m s ⁻¹)	13.03	11.44	11.08	10.14	9.64	6.20
		与对照点相比(%)	100	87.70	84.80	77.80	73.80	70.60

表3 植被覆盖度与土壤风蚀关系^[32]

样地号	植物密度(株 m ⁻²)	覆盖度(%)	风蚀面积(%)
1	2.0	18.7	80.0
3	6.7	48.4	32.9
9	9.5	64.8	0

面积的 5%~6%，以保护、防风治沙、水土保持为主，适度人工种草、舍饲养畜与径流园艺业；第三圈为农、牧业核心区，占地面积 1%~2%，是该区水、土条件最好、最具生产力的土地，进行高投入、高产出的现代化农林牧业生产。三圈的功能是相互扩增的复合效应。

3.4 特殊地区综合保育与生态建设工程

特殊地区的综合保育与安全建设工程有：(i) 重大石油、化工、煤矿基地的生态保育与建设。石油、天然气、煤炭和石油化工业主要集中在我国西北及北部的极端干旱荒漠和荒漠干旱地区，现已开发和计划中的开采工程是很大的，为此要严格认真地进行环境论证^[34]；采用各种措施实现一边开采一边重建，运用新技术对工程范围内的地表最大限度的覆盖^[35,36]；采用生物措施和非生物措施相结合建立小“三圈”防护系统，避免因开发而带来巨大的生态灾

难。(ii) 穿越大沙漠、戈壁地区的交通干线防护系统。穿越大沙漠、戈壁的公路铁路在选线、设计和防护方面都有成功的经验，但如何获得最佳的防护效果和稳定的功能还有待进一步实验观测^[37,38]。根据调查研究，穿越干旱荒漠的沙漠公路防护系统必须形成综合的生态系统，效果才能稳定^[39,40]。同理，对于太阳能、风能发电厂的保育及军事要地的环境保育都要建立防护系统。(iii) 对重要文物和旅游景点的保护。极干荒漠是古代“丝绸”之路和“新大陆桥”经过的地方，古代文化遗产和灿烂瑰丽的荒漠景观对旅游者极具吸引力，旅游资源十分丰富，必须建立专门机构、制定政策、划定封禁和游览范围。同时，利用当地的旱生植物进行有特色的规划，绿化、美化景区，同时又有防风、防沙作用^[41-43]。目前，因当地政府缺乏重视和投资，没有认真管理，景区和生态都受到破坏^[44,45]。(iv) 建立干旱荒漠博物馆^[10]。

国内外已有多处沙地博物馆，教育人民提高公众的生态意识、保护自然发挥重要作用。建议在新疆的塔里木盆地建造一座极干荒漠博物馆，集荒漠文化遗产、丝绸之路、塔克拉玛干、罗布泊、戈壁和绿洲为一体的荒漠风采和生态保育文明和极干荒漠荒漠化防治的大课堂。

参考文献

- 1 慈龙骏, 杨晓晖. 中国荒漠化及其防治. 北京: 高等教育出版社, 2010. 2-8, 29-50, 282-283, 378-379
- 2 Middleton N, Thomas D. World Atlas of Desertification. 2nd ed. London: Hodder Arnold Publication, 1997
- 3 United Nations Environment Program. United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or desertification, Particularly in Africa, 1994. <http://www.dinnet.cn>
- 4 中华人民共和国林业部防治荒漠化办公室. 联合国关于在发生严重干旱和/或荒漠化的国家特别是在非洲防治沙漠化的公约. 北京: 中国林业出版社, 1994. 2-3
- 5 联合国环境规划署. 沙漠化(荒漠化)现状以及《联合国对抗沙漠化行动计划》的执行情况. 内罗毕: 联合国环境规划署, 1992. 18-25, 30-36, 106-123
- 6 Kefi S, Rietkerk M, Alados C L, et al. Spatial vegetation patterns and imminent desertification in Mediterranean arid ecosystems. *Nature*, 2007, 449: 213-218
- 7 潘基文. 联合国秘书长为第十六届世界荒漠化与干旱日致辞. 中国绿色时报, 2010-6-17
- 8 Reynolds J F, Smith D M, Lambin E F, et al. Global desertification: Building a science for dryland development. *Science*, 2007, 316: 847-851
- 9 Larwanou M, Saadou M. The role of human interventions in tree dynamics and environmental rehabilitation in the Sahel zone of Niger. *J Arid Environ*, 2011, 75: 194-200
- 10 慈龙骏. 中国的荒漠化及其防治. 北京: 高等教育出版社, 2005. 6-8, 346-357, 613-615
- 11 赵松乔. 赵松乔文集. 北京: 科学出版社, 1993. 136-137, 150-158, 161-170
- 12 吴正等. 风沙地貌与治沙工程学. 北京: 科学出版社, 2010. 31-54, 61-80, 246-247
- 13 Mikami M, Yamada Y, Ishizuka M, et al. Measurement of saltation process over gobi and sand dunes Taklimakan desert China, with newly developed sand particle counter. *J Geophys Sci*, 2005, 110: D18S02
- 14 Song X Z, Zhang H S, Chen J Y, et al. Flux-gradient relationships in the atmospheric surface Layer over the gobi desert in China. *Boundary-Lay Meteorol*, 2010, 134: 487-498
- 15 Qiang Z, Ronghui H. Parameters of land-surface processes for gobi in North-west China. *Boundary-Lay Meteorol*, 2004, 110: 471-478
- 16 科夫达 B A. 苏联荒漠地球化学. 北京: 科学出版社, 1955. 1, 2, 43
- 17 尹传华, 冯固, 田长彦. 干旱区柽柳灌丛下土壤有机质、盐分的富集效应研究. *中国生态农业学报*, 2008, 16: 263-265
- 18 阿若拉文, 刘渠华. 中国的柽柳防治荒漠化. *干旱区研究*, 1997, 14: 88
- 19 Sher A A, Wiegand K, Ward D. Do acacia and tamarix trees compete for water in the Negev desert? *J Arid Environ*, 2010, 74: 338-343
- 20 Wang X, Chen F. The Relative role of climatic and human factors in desertification in semiarid China. *Glob Environ Change*, 2006, 16: 48-57
- 21 任朝雲, 杨达源. 近 50 a 西北干旱区气候变化趋势及对荒漠化的影响. *干旱区资源与环境*, 2008, 22: 91-95
- 22 吴无平, 李香云, 王立新, 等. 近 40 年我国西北荒漠化地区降水和气温的时空变异特征以塔里木河流域为例. *气候与环境研究*, 2004, 4: 658-669
- 23 倪萍, 牛博. 干旱区荒漠植被的特点及恢复问题的研究——以塔里木河流域胡杨林生态系统为例. *新疆环境保护*, 2004, 26: 1-6
- 24 中国工程院“西北地区土地荒漠化与水土资源利用”课题组. 西北地区土地荒漠化与水资源利用——构建西北荒漠化地区的生产-生态安全保障体系. *水利规划与设计*, 2003, 2: 1-6
- 25 杨磊, 王彦荣, 余进德. 干旱荒漠区土壤种子库研究进展. *草业学报*, 2010, 19: 227-234
- 26 王勇, 杨培岭, 任树海, 等. 水分、抗旱剂 BGA 藕合对大叶黄杨抗寒性的影响. *北京林业大学学报*, 2006, 28: 112-117
- 27 司守零, 任叔辉, 朱瑞琪. 我国荒漠化地区的生物多样性保护研究. *西北林学院学报*, 2006, 21: 22-27
- 28 陈忠升, 陈亚宁, 徐长春, 等. 近 50 a 来塔里木河干流年径流量变化趋势及预测. *干旱区地理*, 2011, 34: 43-51
- 29 丁宏伟, 王贵玲. 巴丹吉林沙漠湖泊形成的机理分析. *干旱区研究*, 2007, 24: 1-7
- 30 陈梦雄. 西北干旱区水文系统的演变与荒漠化. *地球科学与环境学报*, 2005, 27: 1-4
- 31 唐数红. 新疆干旱区流域规划几个重大问题的思考. *中国水利(B 刊)*, 2003, (14): 35-36
- 32 徐海量, 叶茂, 丁守, 等. 塔里木河下游地下水抬升的地表植被恢复价值初探. *干旱区地理*, 2007, 30: 482-486
- 33 慈龙骏, 杨晓晖, 张新时. 防治荒漠化的“三圈”机理及生态——生产范式. *生态学报*, 2007, 27: 1450-1460
- 34 王金满, 白中科, 崔艳. 干旱戈壁荒漠矿区破坏土地生态复垦模式分析. *资源与产业*, 2010, 2: 83-88
- 35 游正安. 试论油田开发与干旱荒漠区生态功能划分的原则——以诺敏戈壁三塘湖油田生态功能区划为例. *油气田环境保护*, 2009, 19: 41-47
- 36 王勇, 小岛纪德. 改良荒漠化土壤的多功能高分子复合材料的制备及其应用. *水土保持*, 2008, 8: 44-47
- 37 李丙文, 徐新文, 雷加强, 等. 塔里木沙漠公路防护林生态工程立地类型划分. *科学通报*, 2008, 53(增刊 II): 25-32

- 38 韩致文, 王涛, 孙伟庆. 塔克拉玛干沙漠公路风沙危害与防治. 地理学报, 2003, 58: 201–208
- 39 杨丽雯, 周海燕, 樊恒文. 沙坡头植被生态系统土壤恢复研究进展. 中国沙漠, 2009, 29: 1116–1123
- 40 闫海龙, 张希明, 崔艳. 塔里木盆地防护林3种植物光合作用特性对干旱胁迫的响应. 生态学报, 2010, 30: 2519–2528
- 41 马勇刚, 塔西甫拉塔拉·特依拜, 丁建丽. 塔里木南缘绿洲“冷岛”效应及与植被覆盖相关分析——以于田绿洲为例. 干旱区地理, 2007, 30: 865–870
- 42 张鸿义, 曾凡江, 安海棠, 等. 中国干旱区浅层地下水的形成、分布与运移. 干旱区研究, 2011, 28: 67–73
- 43 李香云, 杨君, 王立新. 干旱区土地荒漠化的人为驱动作用分析——以塔里木河流域为例. 资源科学, 2004, 5: 46
- 44 樊恒文, 贾晓红, 张景光. 干旱地区退化与荒漠化对土壤碳循环的影响. 中国沙漠, 2002, 6: 525–533
- 45 岳健, 阿力木江, 牙生. 新疆沙漠防治区划指标和方法. 干旱区研究, 2010, 27: 309–317

Desertification of extra-arid deserts

CI LongJun

Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

The desertification of extra-arid deserts discussed in this paper refers to land degradation caused by global changes including various human activities. Extra-arid deserts comprise 36.9% of the total area of arid lands in China. Fifty percent of extra-arid deserts have some productivity, and they can most often be characterized as the terminal point of the biogeochemical cycle system in the desert basin. These areas are important because of their enormous potential for scientific research and creative discoveries, as well as new frontiers for development of the national economy. These areas are also of great importance in the fields of energy, mineral resources, water resources, biodiversity, tourism, local specialized agriculture and other aspects. With the current global crisis of decreasing fertile lands and increasing population, these large areas of marginal land with potential productivity need to be better understood and reevaluated. The natural environments in the region of extra-arid deserts are extremely low because of destructive sand-storms, land degradation, global changes and greater human interference. Additionally, there has been a series of major ecological and environmental events that have seriously affected extra-arid deserts. Continued desertification in the extra-arid deserts has a strong adverse effect on the national economy and society. Because of the current national economic boom and biogeographical and biogeochemical evidence, now is the right time to develop a concept for extra-arid deserts, as well as their management and conservation. A proposed classification and characteristics of the desertification of these deserts and technical measures for their conservation and restoration are presented here. The futures of extra-arid deserts will depend on acceptance of this concept by both academia and the government. Incorporating i) the combating of desertification of extra-arid deserts, and ii) the ecological restoration of the Northwest region, into the national engineering program will be important steps towards a coordinated plan.

extra-arid desert, desertification, desertification of desert, land degradation, ecological conservation, ecological restoration

doi: 10.1360/972011-342