

文章编号: 1008-2786(2001)05-0398-05

干旱区山盆体系物质能量及信息的耦合关系

——以塔里木盆地周边山地系统为例

王让会¹, 马映军²

(1 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2 新疆遥感中心, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘 要: 塔里木盆地与周边的天山、昆仑山等山地构成了干旱区典型的山盆体系, 山地系统的地质地貌特征、热量、气候与水文以及植被与土壤等的特殊性, 决定了其物质循环、能量转化和信息传递的过程和方式, 也决定了山地系统的宏观生态景观格局。山地为盆地提供了丰富的粒状物质, 它们是绿洲土壤重要的成土母质; 同时, 山地向盆地输送了大量地表水和地下水, 从而决定了天然绿洲的规模及范围, 影响了人工绿洲的发展潜力, 也造就了干旱区绿洲与荒漠既相互矛盾, 又协调共生的宏观格局。在全球变化的背景之下, 从山地系统内部及其与荒漠系统和绿洲系统之间物质流、能量流及信息流的相关性出发, 掌握山地系统的变化特征及演变趋势, 利用现代科学技术的成就, 探索西部干旱区山地系统的可持续发展之路。

关键词: 干旱区; 山地系统; 水文特征; 景观格局; 信息传递; 耦合关系

中图分类号: X24 **文献标识码:** A

塔里木盆地地处天山山脉南侧和昆仑山北麓, 总面积 $105 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地内沙漠面积占 31%, 山地面积占 47%, 山前草原和盆地边缘绿洲仅占 22%。塔里木盆地土地资源丰富、光热资源充足, 但受地理位置、自然条件和历史因素的影响, 塔里木盆地生态环境十分脆弱(图 1)。

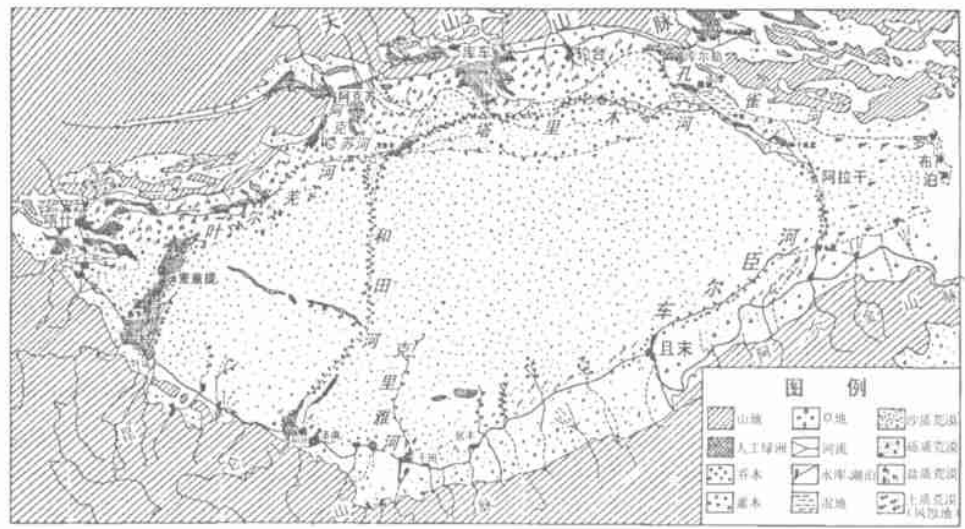


图 1 塔里木盆地及其周边山地系统空间耦合关系

Fig. 1 Spatial coupling relation between Tanim Basin and its mountainous system

收稿日期: 2001-02-14; 改回日期: 2001-07-10.
基金项目: 国家重大基础研究发展规划项目(G1999043509)及中科院资源与生态环境重大项目(KZ951-B1-213-02)资助。
作者简介: 王让会(1963-), 男(汉族), 陕西岐山县人, 副研究员, 博士, 发表论文约 70 篇, 参与编撰专著或文集 6 部, 主要从事干旱区资源环境遥感领域的研究工作。
?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

由于历史变迁,特别是近代人类活动的影响,塔里木盆地的水系发生了重大的演变,部分源流脱离干流而使得塔里木水系逐步肢解,干流尤其是干流下游生态恶化和河道萎缩。这种水文格局决定了荒漠生态系统和绿洲生态系统的时空特征,在一定程度上制约了绿洲经济的发展。通过研究山地系统的水热、水盐关系以及植被、土壤等自然要素的时空特征,探讨山地系统生态景观格局的规律,揭示山地系统信息传递的关系,对于从本质上认识干旱区山盆体系物质循环、能量转化和信息传递的特征,把握干旱区山盆体系所包含的山地—绿洲—荒漠系统(MODS)的生态过程,具有重要作用。

1 山地系统的自然地理特征

1.1 地质地貌背景

与塔里木盆地镶嵌构成干旱区独具特色山盆体系的几大山系,如天山、昆仑山等,都是构造运动强烈而频繁的地区。以天山为例,它具有漫长的地质发育历史,地貌演化过程比较复杂。天山山体的构造地貌演化,可以分为古生代天山的褶皱隆起时期,古天山的剥蚀与夷平时期以及天山的断块隆升时期。尤其是早更新世强烈的构造运动,使已被剥蚀夷平而成准平原化的低矮天山,产生了巨大的断块差异升降,形成接近现代天山的高大山岭与众多盆地相间的基本地貌轮廓^[1]。在高山带,塑造了一套完整的山岳冰川地貌;冰缘作用创造了石河、石带、石环融冻泥流、冻胀丘等地貌形态;流水作用主要发生在中山带,导致了各类水蚀地貌发育;干燥剥蚀作用,风沙作用和粉尘堆积作用一般在低山带,也形成了相应的地貌类型^[2]。塔里木盆地周边山地包含了冰川地貌、冻土地貌、流水地貌,同时也具有重力地貌、气候地貌、构造地貌等不同的地貌类型。受地壳运动以及各种外力的作用,形成了形态多样、功能各异的山地地貌类型。这种环境背景,与其它自然地理区的环境背景不尽相同,从而决定了其物质循环、能量转换及信息传递的途径与方式以及程度和效率的巨大差异。

1.2 热量及水文状况

地貌类型的多样化和复杂性,造就了气候条件在内的自然地理特征的复杂性。水热状况是决定山地系统地球化学循环以及宏观景观格局的主要因素。

研究表明,西部干旱区的新疆水平表面太阳辐射度年均总量为 $5.8 \times 10^9 \text{ J/m}^2 \cdot \text{a}^{-1}$,仅次于青藏高原,居全国第二位。其区域分布大致是由东南向西

北不均匀递减。其原因是新疆山体西高东低,南高北低,西来低层气流很难直入塔里木盆地,多从西部几个缺口入境,在西北部形成比较多的云和降水,使太阳辐射减弱;东南部则云雨少,辐射量增大^[3]。在天山博格达山南坡,年均温 0°C 、 -6°C 和 -9°C 线分别位于 2 700 m、3 800 m 和 4 100 m 高度,昆仑山北坡年均温 0°C 线位于 4 000 m 高度,而 $> 5\,200 \text{ m}$ 即使最热月平均温度也为负值^[3]。这表明,干旱区的高山带经常处于负温状态,以致多年积雪,冰川和冻土成为高山带自然地理外貌的主要特征。

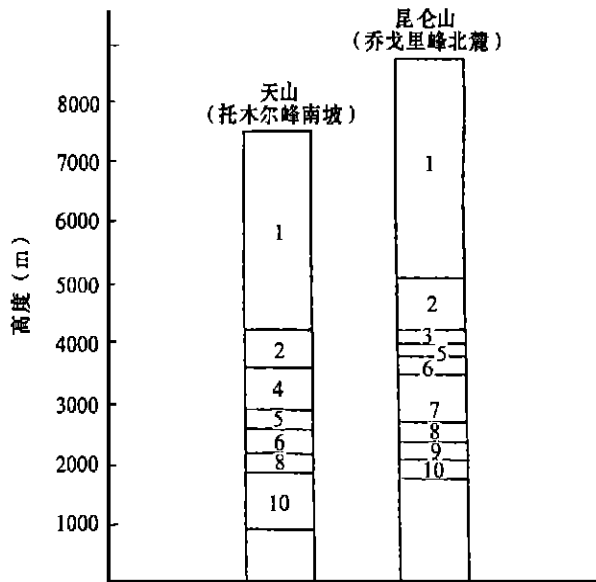
从系统物质流的角度讲,水文要素是干旱区物质成分的典型代表。塔里木盆地周边山地的水文特征受地理位置、海拔高度、地貌形态等因素的影响,具有与其它地区不同的一些特征。对塔里木盆地阿克苏河、叶尔羌河及和田河 1957~1995 年出山口年径流量的时间序列分析发现,源于天山流入塔里木盆地的河流,年径流量呈逐年增加的趋势,而源于昆仑山的河流其年径流多年为平稳或呈并非十分明显的递减趋势。河川径流是山区降水及冰雪融化形成的,其动态变化趋势较为复杂。山地系统水质的特征在一定程度上也影响了盆地绿洲系统及荒漠系统的时空特征。塔里木盆地河流分别发源于天山和昆仑山,主要依靠大气降水和冰雪融水补给,从这些地方的冰、雪和降水的水样分析发现,其水质是十分清洁的^[4,5]。由冰、雪融水和降雨形成的径流,在流动过程中虽然溶解了山区风化物中一些可溶性盐类,但在出山口处的矿化度一般为 $0.25 \text{ g/l} \sim 0.60 \text{ g/l}$,且多年基本没有明显变化。

1.3 景观格局的外貌

在自然地理要素中,应特别强调的是由地理位置和地貌形态所影响的大气温度和降水的基本特征。它们不但决定着生态环境的性质和特点,而且决定着与景观格局最为密切的植被类型和垂直带生态规律,植被发育的基本方向和植被利用的基本方式。在山地系统中,气候、地形、坡向等对土壤的形成和演化具有重要作用,在山体的不同高度,温度和湿度不同,其风化方式、风化程度、有机质的累积和分解均有所差异。山地的坡向坡度和坡地部位,直接影响光照、热量、降水、风等一系列有关水热状况的因素,从而影响到土壤的理化性状和植被种类。宏观景观格局也因此而发生变化。沿天山和昆仑山愈向东部,雪线均逐渐上升,垂直自然带界限也同样上升,景观也逐渐向干旱和单调的特征变化。特别

是南部的昆仑山更为明显。如西部阴坡零星分布的灰褐色森林土带、栗钙土带,在东段均已消失。而天山和昆仑山的雪线,东部比西部均高出300 m ~ 400 m左右^[6]。

山地景观的形成过程及其空间结构,决定于山体的海拔高度,随着海拔高度的增加,地表的水、热状况发生明显分异,形成不同的自然景观。受地貌因素控制的水、热条件是形成自然景观最重要的物质和能量的来源。水热条件的垂直变化又深刻地制约着植被和土壤等的垂直分布,形成了山地系统复杂多样的景观类型。随着山地海拔的变化,土壤类型及水热条件不同,景观类型形成一定的垂直带谱^[7]。同时,景观的水平分布也有一定的分带规律,这种规律受气候、地貌条件的控制,尤其是纬向和经向地带性气候条件不同,导致的水热差异是景观类型水平地带性分化的主要基础^[7]。山地系统生态景观的宏观表现,主要反映在山地自然地理要素的垂直分布带谱上。图2反映了塔里木盆地周边山地的垂直自然带分布模式^[9]。



1. 高山永久冰雪裸岩带; 2. 高山寒冻垫状植被、苔藓、地衣—原始土带; 3. 高山寒冻垫状植被—荒漠土带; 4. 高山寒冷草甸—高山草甸土带; 5. 亚高山寒温带草原—草原土带; 6. 亚高山寒温带干草原—干草原土带; 7. 山地寒温带草原—栗钙土带; 8. 山地温带半荒漠草原—棕钙土带; 9. 山地温带荒漠草原—淡棕钙土带; 10. 山地暖温带荒漠—棕漠土带

图2 天山南麓及昆仑山北麓垂直自然带示意图

Fig. 2 Sketch diagram of vertical natural zones in the south of Tianshan mountain and north of Kunlun mountain

2 山地系统信息的传递规律

2.1 信息的基本特征

在塔里木盆地及其周边山地构成的山盆体系中,天山、昆仑山、阿尔金山等山地对荒漠(如塔克拉玛干沙漠)及绿洲(阿克苏、库尔勒、和田等)的形成作用体现在多个方面。山地为盆地提供了丰富的粒状物质,它们是绿洲土壤重要的成土母质;同时,山地向盆地输送了大量地表水和地下水,从而决定了天然绿洲的规模及范围,也影响了人工绿洲的发展潜力;更重要的是造就了干旱区绿洲与荒漠既相互矛盾,又协调共生的宏观格局。因此,山地系统是基础,水域系统是主导,人工绿洲是核心,自然绿洲是屏障,荒漠系统具有明显的脆弱性,并对人类生存的绿洲造成多种危害。山地、绿洲、荒漠三大系统,镶嵌共生,相互作用,共同支撑着干旱区的山盆体系^[8];它们之间有着复杂的耦合关系。

信息是体现自然界和人类社会中一切事物特征的一种普遍形式,信息具有物质性,但不是物质本身,它的存在不能离开作为它的载体的物质^[9]。也就是说,在系统的地球化学循环过程或者食物链及食物网的物质交换过程中,都存在着与光、热、水、气、土壤和生物等密切相关的信息传递。存在于空间的一切物质和能量都在不断地变化和运动着,在特定时空所获得的信息是一个静止信息。随着时间的变化,所获取的事物的动态信息,可以反映物质和能量的形态、结构、状态和特征。但它要随物质和能量的变化而实现自身的传递过程,其本身既不是物质也不具有能量。要了解事物的全貌,除了把握上述物质流、能量流的表现形式之外,信息传输对于维持山地系统内部及其三大系统(MODS)之间生态过程运转具有重要作用。

2.2 信息在系统中的传递

基于对信息与物质和能量耦合关系的上述认识,也就不难发现与物质循环、能量转化同时存在于山地系统中的信息传递过程。众所周知的包括水平运动、垂直升降运动、褶皱运动、断裂运动以及岩浆活动和地震等在内的地壳运动,是影响山地系统信息传递方式及过程最为根本性的内部因素,各种外力作用对物质、能量及信息的传递也具有多种复杂的影响。岩石在太阳的辐射下,与水圈、大气圈和生物圈接触,为适应地表新的物理、化学环境必然会发生相应的一些变化,在地球化学循环过程中,各种矿

物元素会不同程度地发生转移,这在一定程度上使山地系统的物质流得以维系。高山冰体在移动的过程中,随着移动距离的延长,表碛中的岩石碎屑和泥沙中的含盐物质溶解到冰体中的数量也愈多;同时,由于大地形的影响,天山和南部盆地之间的地方性环流使盛行的西风和西北风在山麓地带遭到破坏,并转化为地方性山谷风环流,从而发生盐微粒及尘埃等的物质交换。

能量是生态系统赖以存在的基础。尽管生态系统中能量衰减的热力学第二定律解释已为生态学所接受^[9],它决定着能量的传递总是从高能位向低能位,由集中到分散、从有序到无序进行^[11]。耗散结构理论中系统熵值的变化,其本质上也是揭示系统能量变化与系统稳定性的关系。在干旱区的山盆体系中,能量及其信息的转化与传递,符合一般生态系统中能量的转换方式。即绿色植物(山地云杉、冷杉)捕获太阳能,并把它以化学能及生物能的形式贮存起来。但是,绿色植物通常利用太阳能的效率比较低,其余能量则以热能的形式消散到宇宙空间,这就决定了干旱区生态系统的生物生产力是相对较低的。山地、绿洲及荒漠太阳辐射量的变化,客观上制约了生物以及相关环境要素的分布格局,这是能量及其信息传递过程中的不平衡形成的宏观自然地理景观。塔里木盆地的河流多发源于高山冰川,河流的水资源在其形成、转化、消耗过程中,与环境中的土壤、大气及生物发生水力联系,同时,输送了大量的泥沙、矿物质及无机盐类,这都是信息传递的典型表现^[12]。掌握山地、绿洲及荒漠系统的耦合机理及信息传递的规律和特点,对于合理调控干旱区山盆体系中三大系统的结构和功能具有重要理论和实践意义。

3 山地系统可持续发展的策略

在干旱半干旱区,山地系统—荒漠系统—绿洲系统是一个复合系统,3个系统间通过物质、能量和价值流联系在一起。山地系统是基础,它不但是干旱区水资源的形成区和涵养区,也是其矿质营养库和生物种质资源库。山地系统地形起伏大,坡度较陡,系统中的土壤、岩石以及其它物质,在重力作用下具有重力势能,并作为不稳定能量储存在山地系统中。虽然塔里木盆地周边山地降水量较少,但大气降水是山地内在不稳定性的激发因素,冰雪融化及降雨集中易于造成水土流失的发生。山地系统的植被是维持系统稳定性的重要因素,各种天然植被

的水土保持作用和水源涵养作用是其它任何要素所无法代替的。人为活动对山地系统具有多种影响。在西部大开发的形势下,对山地生态环境进行保护,并对业已遭受破坏或退化的山地环境进行建设,在干旱区生态环境建设中具有重要意义。

3.1 对山地生态系统的建设,宜同时实行保护、封育与重建植被的治理思路

目前,国家对西部地区生态环境建设给予了极大的关注,并且把塔里木盆地生态环境的综合治理放在了一个十分重要的位置;在这种背景下,积极运用可持续发展思想所包含的生态学原理,诸如复合生态系统原理、物质循环与能量流动原理、生态平衡与忍耐极限原理、系统开放原理、生态位原理以及限制因子原理等,在充分认识和理解MODS耦合关系的基础上结合塔里木盆地周边山地系统的物质流、能量流及信息流的特点,通过一系列生物工程及机械工程等措施^[13],整治地质灾害,保护地质环境,构建系统良好的地质环境背景。特别要加强天山及昆仑山天然杆被的保护工作,采取封育等措施,使天然乔木、木和草本逐步得以恢复;同时,在自然条件适合植被生长的地域,依据前述植被增大植被的覆盖度,增强植被的生活力,使植被在涵养水源、保持水土、稳定气候、平衡能量等方面的作用能够有效地发挥。在管理、资金、运行机制方面可以借鉴其它地区建设生态环境的经验,如设立专项基金和建立开发补偿机制^[14]等。

3.2 加强山区水文、气候、植被、土壤的系统监测和分析评价

在全球变化的背景之下,干旱区的山地系统如何对全球的变化发生响应,是一项世界性的难题。研究表明,新疆的气候变化与全球及我国的气候变化趋基本一致,但具有干旱区的一此特点。近40a来的温度变化,塔里木盆地温度上升了0.2℃,与30a(1961~1990年)平均值相比,平均偏高0.3℃。因此可以说1990年代是新疆近40a中最暖的十年。近10a(1987~1996年)塔里木盆地平均降水量比前两个十年(1967~1976年,1977~1987年)分别增加23.2%和30.1%,达到94.5mm。这种气候背景,在山地也有一定程度的反应。天山山地的气温和降水也有不同程度的升高和增加。在塔里木盆地,由于气候变化和人为活动的影响,部分地区的生态环境有所改善,但是更多的土地面临荒漠化和沙化的威胁;气候变化导致干旱、洪涝等灾害有加剧的趋势。虽然沙尘暴灾害发生频率在1990年代呈减少

趋势,但灾害损失却在成倍增加。这些变化都需要长期的监测,并应用现代科技的成果和自然科学的新理论、新方法,才能更明确地揭示其演变规律。在此基础上,才有可能采取科学合理的调控措施。

3.3 建立山地系统生态建设的辅助决策信息系统

掌握山地系统的变化特征及演变趋势,利用遥感、GIS 等现代科学技术的成就,建立塔里木盆地周边山地系统生态环境建设和盆地绿洲经济发展的信息决策系统,是保障干旱区各项事业有序发展的重要措施。目前,配合国家对塔里木河流域生态环境综合治理的重大建设工程,有关部门也正在规划山区环境治理的方案,并将指导生态环境建设的客观实践,这是塔里木盆地及其周边山地系统可持续发展的必由之路。

参考文献:

- [1] 王树基. 亚洲中部山地夷平面研究[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 17.
- [2] 伍光和, 张英. 中国绿洲地域系统研究[J]. 干旱区资源与环境, 2000, 14(3): 1~10.
- [3] 吕绍勤, 张华, 冯刚. 新疆太阳能资源及经济评价[M]. 乌鲁木

齐: 新疆人民出版社, 1991. 53~54.

- [4] 中国科学院登山科学考察队. 天山托木尔峰地区的自然地理[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985.
- [5] 宋郁东, 樊自立, 雷志栋, 等. 中国塔里木河水资源与生态问题研究[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2000.
- [6] 袁国映. 新疆山地垂直自然带的地区差异及经济意义[J]. 新疆环境保护, 1993, 15(3): 14~17.
- [7] 王根绪, 陈国栋, 刘光秀. 论冰缘寒区景观与景观演变过程的基本特征[J]. 冰川冻土, 2000, 22(1): 29~35.
- [8] 王让会, 游先祥. 荒漠生态系统中生物的信息联系特征[J]. 农村生态环境, 2000, 16(4): 7~10.
- [9] 中国科学院黄土高原综合考察队. 国土资源信息分类体系与评价指标[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 6~14.
- [10] 党承林, 王崇云. 生态系统的能量冗余与热力学第二定律[J]. 生态学杂志, 1999, 18(1): 53~58.
- [11] 李慧明. 熵律、生态平衡与环境资源合理利用[J]. 南开经济研究, 1999, (4): 7~12.
- [12] 王让会, 马映军, 彭茹燕. 西北干旱区山地—绿洲—荒漠系统信息传递耦合关系[J]. 干旱地区农业研究, 2001, (1).
- [13] 蒙吉军, 龙花楼, 刘松. 绿洲农业生态经济系统的结构与功分析[J]. 应用生态学报, 1999, 10(2): 213~217.
- [14] 夏汉平, 杨少海. 论可持续发展的历史观与生态观[J]. 生态学杂志, 1999, 18(6): 47~53.

Coupling Relation among Substance and Energy as well as Information in Mountain-Basin System in Arid Zone ——Taking Mountainous System around Tarim Basin as an Example

WANG Rang-hui¹ and MA Ying-jun²

(1. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011 China;*

2. *Xinjiang Remote Sensing Center, Urumqi 830011 China*)

Abstract: The system consisted of Tarim Basin and mountains including Tianshan and Kunlun is a typical mountain—basin system in arid zone. Processing and model of substance circulation, energy conversion and information transmission is decided by some factors in the system which include geomorphologic features and particularity of caloricity, climate and hydrology as well as vegetation and soil, etc. In addition, which also decide macroscopical landscape pattern in the mountainous system. Mountainous area provides rich saccharoid for basin, which is important parent material of oasis soil formation. Meanwhile, surface water and groundwater are transferred from mountainous area to the basin, which decide macroscopical pattern of natural oasis. Under the background of global changes, the sustainable development way should be explored by some new ideas in mountainous area in arid zone. That is to say, it should be taken consideration to correlation among substance, energy and information. At the same time, depending on some achievements of modern science and technology, moreover, variation characteristics and evolution tendency of mountainous system ought to be mastered.

Key words: arid zone; mountainous system; and hydrological feature; landscape pattern; information transmission; coupling relation