

西北干旱区水文系统的演变与荒漠化

陈梦熊

(国土资源部 咨询研究中心, 北京 100035)

[摘要] 西北干旱区分布的巨大内陆盆地, 如准噶尔、塔里木、柴达木盆地和河西走廊等, 被认为是典型的戈壁沙漠地区, 约占国土总面积的 25%。由冰雪融水与降水补给形成的山区河流, 流入山前平原, 在戈壁带入渗地下, 转化为地下水, 并在绿洲带溢出地表, 成为绿洲耕地的主要灌溉水源。自 20 世纪 50 年代以来, 由于大规模的水利化建设, 导致水资源条件发生巨大变化, 生态环境严重恶化, 最终导致大片土地荒漠化。因此, 重点论述干旱区在人类经济活动影响下, 水文系统的演变及其与水环境和生态环境之间的相互影响、相互制约关系。

[关键词] 水文系统; 地表径流; 地下水; 绿洲; 荒漠化; 盆地系统; 水文地质分带; 生态环境

[中图分类号] P641 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)01-0001-04

[作者简介] 陈梦熊(1917-), 男, 浙江上虞人, 中国科学院资深院士, 国土资源部咨询研究中心咨询委员, 长期从事地下水资源与环境水文地质问题研究。

荒漠与荒漠化现象, 主要为干旱或半干旱脆弱生态环境条件下的产物。中国北方特别是西北干旱区荒漠分布最广, 荒漠化现象也最严重。按一般规律, 荒漠地区气候极端干燥、降水极少、日照强烈、日夜温差大、风力强且持久。荒漠主要特征是基本无地表水体, 植被稀疏, 一般动物难以生存, 形成荒无人烟的不毛之地。根据荒漠的不同成因和地貌差异, 可划分为沙漠(沙质荒漠)、戈壁(砾质荒漠)、岩漠、泥漠、盐漠等等。

荒漠化主要指非荒漠地区, 如绿洲或草场, 由于天然作用或人为作用, 生态环境受到破坏, 使原来的耕地或草场, 逐渐演化为荒漠的过程。1990 年, 联合国环境署在内罗毕召开的荒漠化评估会议上, 明确指出荒漠的概念是“由于人类不合理的活动所造成的干旱地区土地退化”。所谓土地退化是指: 土地作物生产减少, 土地生产潜力衰退, 土地资源的丧失, 生物多样性的减少, 以及地表出现不利于发展生产的地貌形态, 如沙丘等等。所谓沙漠化, 只是荒漠化的表现形式之一。天然作用形成的荒漠化一般演变过程非常缓慢, 而人为作用形成的荒漠化, 在短短几十年内, 就可以造成严重后果。

目前西北地区土地荒漠化的迅速扩大, 在很大程度上是人为作用, 即人类活动的影响, 占有主导地位。

1 干旱区河流水文系统分析

中国西北干旱区, 主要包括甘肃河西走廊、新疆准噶尔与塔里木及青海柴达木等内陆盆地, 均为极端干旱气候条件下所形成的典型戈壁沙漠地区。其普遍规律是, 从盆地边缘到盆地中心具有明显的分带性, 主要划分为: 山区; 山前戈壁带; 绿洲带; 沙漠带(或盐土带)。山前平原的水文地质条件也基本与上述水平分带相适应。地下水的补给主要决定于山区河流, 而山区河流的径流量又决定于山区的降水与高山地带的冰雪资源。

综上所述, 西北干旱地区的水资源均普遍具备以下特点:

(1) 山区地表径流量, 基本代表每条河流或每一流域的总水资源。

(2) 根据多年水文资料记录, 山区地表径流量由于得到冰雪资源的调节, 自 20 世纪 50 年代以来, 基本保持稳定, 但年际变化较大。

(3) 每条河流自上游至下游, 一般流经 2~3 个相互联通的盆地, 形成一个完整的水文系统或盆地系统。

(4) 每一盆地水资源的分布与水文地质特征, 均呈明显的水平分带性, 即戈壁带(地下水补给带)→绿洲带(地下水溢出带, 形成泉集河)→低平原细土带(地下径流带)→盐土带(蒸发排泄带)。地下潜水位由深到浅, 含水层由单层到多层, 富水性由强到弱, 水质由好到坏。

(5) 地表水与地下水在各带相互重复转化。在自然状态下, 自山区流入盆地的地表径流, 其中 80%~90% 在流经山前戈壁带时渗入地下, 转化为地下水; 在戈壁带前缘, 40%~50% 的地下水溢出地表, 形成泉集河流入绿洲, 成为绿洲的主要灌溉水源; 其他 40%~50% 形成地下径流流入低平原, 大部分灌溉水回渗地下, 成为回归水, 并通过人工开采或潜水蒸发排泄; 上游盆地多余的水量, 流入下游盆地, 并重复由戈壁带→绿洲带→低平原带, 最后流入终端湖, 形成上中下游共同组成的水循环系统。

20 世纪 50 年代以来, 西北地区修建了许多水坝、水库, 扩大了灌溉面积, 对推动农业发展, 起到一定的促进作用。但水资源的开发利用, 也存在不少严重问题, 主要是:

(1) 地表水、地下水缺乏统一规划, 片面强调开发地表水, 严重破坏了天然水循环系统。

(2) 水资源利用缺乏全局观点, 上下游水资源分配极不合理, 严重破坏上下游水资源的天然平衡, 也严重影响下游地区的生态平衡, 生态环境急剧恶化。

(3) 水资源缺乏科学管理, 浪费严重。

综上所述, 干旱区水资源的合理开发利用, 必须注意保持以下 4 个平衡:

(1) 山区河流总径流量基本代表全流域的总水资源量, 必须与各个盆地水资源量的总和保持平衡, 同时各盆地之间也必须保持水资源量的相对平衡。

(2) 总水资源量必须与总消耗量保持平衡, 总消耗量主要包括农业用水、城市及工业用水以及蒸发损耗等。各个盆地同样需要分别保持盆地水资源量与水消耗量之间的平衡。

(3) 总水资源量必须与各盆地消耗的地表水与地下水量保持平衡, 地下水的开采量必须与地表水的补给量保持平衡。

(4) 水资源系统必须与全流域的生态系统保持平衡, 要防止泉水枯竭、河流断流、湖泊湿地干涸、

水质恶化、地下水位下降, 导致出现草场退化、植被死亡、土地盐渍化、沙漠化等生态环境严重恶化现象。

河流流入量、流出量、泉水溢出量、地下水补给量、地下水开采量、农田灌溉量、城市用水量, 等等, 基本上都属人为作用控制下的可变量。因此, 水资源的开发利用, 既可向良性循环方向演化, 也可向恶性循环方向发展, 关键是必须正确认识干旱区水文系统与水资源系统的基本特征与客观规律, 实行统一规划, 科学管理。上下游之间、各盆地之间, 农业用水与工业用水之间、地表水与地下水之间等, 实现水资源合理利用与优化分配, 使有限的水资源能达到最高的经济效益、社会效益与环境效益。

2 人类活动对干旱区生态环境的影响

人类活动造成荒漠化的原因很多, 例如森林、植被被人为破坏, 无科学依据的大规模垦殖、拓荒以及草场过度放牧等等。很多地区土地沙漠化, 主要是由于水资源开发不合理造成的, 河西走廊石羊河流域是最突出的一个实例。石羊河年均径流量约 $(12 \sim 15) \times 10^8 \text{ m}^3$, 主要流经武威与民勤两个盆地。建国以来在上游地区修建了许多水库, 山区河川径流量基本上全部被拦截, 导致山前平原地下水补给逐年减少, 溢出带泉流量严重衰减, 原泉灌系统被迫改为井灌, 地下水位急剧下降, 形成恶性循环。随着武威地区耗水量的迅速扩大, 下游民勤盆地的来水量, 由 20 世纪 50 年代的 $5.47 \times 10^8 \text{ m}^3$, 急剧下降到 90 年代 $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右, 导致下游河流断流, 湖泊干涸, 河灌改为井灌, 地下水位大面积持续下降, 水质恶化, 土壤盐渍化面积不断扩大, 大片灌木林、沙棘林衰败死亡, 草场退化, 绿洲退缩。大片耕地撂荒, 并被沙漠所替代, 因而沙漠面积不断扩大, 沙漠化日益严重, 生态环境急剧恶化。

在黑河流域也出现类似的情况, 上下游之间由于水资源分配不均所造成的矛盾更为严重。黑河中上游主要在甘肃张掖境内, 而下游弱水则属内蒙古的额济纳旗, 弱水最终流入居延海。黑河年均径流量约 $15 \times 10^8 \text{ m}^3$, 过去流入额济纳旗约 $8 \times 10^8 \text{ m}^3$, 但自 20 世纪 80 年代以来, 由于张掖地区国民经济的迅速发展, 黑河下泄水量大幅度减少, 特别是近 5 年下降到 $2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右, 使下游河流断流, 历史上著名的东西居延海均在地面上消失, 成为戈

壁、沙漠。地下水位的急剧下降,造成大批浅井干涸报废。约近 $40 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的天然乔、灌木次生林枯萎消亡,沙化、盐碱化的土地面积扩大到约 $35 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 约占全旗可利用土地面积的 54%。沙漠化现象急剧蔓延扩张,额济纳旗残留的绿洲濒于消亡。

新疆许多内陆河流,也遭到类似的命运;由于中下游各类水工建筑大量消耗水资源,造成下游流量严重衰减,生态环境急剧恶化。例如塔里木盆地的孔雀河,原流入罗布泊湖,1943年湖面面积尚达 $1\,900 \text{ km}^2$, 1962年缩小至 530 km^2 , 现已全部枯竭,成为一片荒漠。准噶尔盆地玛纳斯河终端玛纳斯湖,1968年面积尚有 550 km^2 , 现已全部消失。艾比湖已由 1958 年的 $1\,070 \text{ km}^2$ 缩小至 570 km^2 。上述干涸的湖泊,已大部分为沙漠所取代。新疆最大的塔里木河,年径流量达 $449.8 \times 10^8 \text{ m}^3$, 近年来由于上游大量引灌,到中游仅余 $9.5 \times 10^8 \text{ m}^3$, 减少 81%, 使下游河流断流,地下水位下降 8 m。地下水的含盐量(矿化度)大幅度升高,使大面积的胡杨林、红柳林相继大片死亡。据统计 $7\,000 \text{ hm}^2$ 农田弃耕, $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 草场覆灭,随之而来的是沙漠入侵,使原来长达 300 km 的“绿色长廊”,大部分沦为荒漠。据统计近 30 年来全疆沙漠面积扩大了 $3.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 使 $340 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 土地和草原被沙漠所吞没。新疆由于次生盐渍化而弃耕的土地,也达 $67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 左右,成为土地荒漠化的重要原因之一。

大量引水使湖泊面貌发生极大变化。新疆虽然建起 482 座水库,总库容 $61 \times 10^8 \text{ m}^3$, 水域面积近 $2\,000 \text{ km}^2$, 但湖泊水面却由 $9\,700 \text{ km}^2$ 缩小至 $4\,748 \text{ km}^2$, 丧失近 $5\,000 \text{ km}^2$; 大量湖泊的干涸或缩小,造成了湖区和湖周边大范围的沙漠化。

3 荒漠化的演变发展过程

西北干旱区荒漠化的发生与发展,虽然与其所处的自然环境密切相关,但通过近 50 年来的实际观察,可以判断近一个世纪来,沙漠化发展之所以迅速,主要是由于人类不合理的经济活动,破坏了干旱区人地系统的平衡,从而导致了系统内诸自然环境要素的退化,使得原有的疏林沙地草原地理景观演变为以风沙活动为主要形式的荒漠景观。因此可以说,沙漠化的整个发展过程,就是干旱区的人地系统内部各要素之间,以及各要素同外部环境

之间,通过物质、能量、信息的流动,使其结构和功能发生负面变化的动态演化过程。

在人类活动中,由于城市和工农业的迅速发展,对水资源的需求也迅速增加;但对生态环境脆弱的干旱缺水地区,缺乏正确认识,片面追求经济发展,大片开垦荒地,无限制的大量开发水资源,而从不考虑对生态环境所造成的危害。由于内陆盆地降水极少,主要依靠山区降水与受冰雪补给形成的山区河流,作为盆地内的主要供水水源。长期以来河水及由地下排出的泉水,是农田灌溉用水的主要来源;解放后大规模修建水库,山区 70% 以上的河流被拦截;由于缺乏科学规划,上游大面积垦荒,建设新绿洲,大水漫灌,地下水位抬升,造成大面积盐渍化。老绿洲因河流被拦截,泉水干涸,改泉灌为井灌;但地下水补给减少,造成超量开采,地下水位急剧下降,造成恶性循环,严重破坏生态平衡。由于上游地区大量消耗水资源,下游盆地来水量逐年减少,导致下游地区水环境严重恶化,如河流断流、泉水枯竭、湿地消失、湖泊干涸、水质恶化,以及由于超采地下水,造成地下水位大幅度下降。

水环境的变化,导致生态环境的严重恶化,主要表现为草场退化、乔灌木枯萎死亡,绿洲萎缩、耕地撂荒,野生动物及水生动物灭迹,沙地持续扩大,其最终结果是造成大面积荒漠化。因此要解决荒漠化问题,只有通过人类自己,科学地协调好经济建设与资源、环境之间的关系,优化干旱区人地系统的结构和功能,才能在新的条件下达到新的平衡,向良性循环方向发展。

4 防治对策

(1) 每条河流的山区径流量,基本相当全流域的总水资源量,因此上下游各盆地的耗水量,必须在保证生态环境不受损害的前提下,实行优化分配,使总水资源量基本保持平衡。

(2) 地表水、地下水具有同等重要地位,必须统一规划,综合开发,河灌、泉灌、渠灌、井灌相结合。绿洲带以泉灌为主;低平原带以发展井灌为主,减少无效蒸发,或井、渠结合,相互调剂;盐土带以井灌、井排为主,防止土壤盐渍化。除农业用水外,还必须与城市用水、工业用水及国防用水等相互协调。

(3) 保护绿洲必须首先保护泉灌系统,充分发

挥泉水在绿洲地带的灌溉作用。绿洲周围的荒漠植被,是绿洲的保护屏障,为了维护绿洲及其外围荒漠地区的生态平衡,必须合理调控地下水位,达到临界生态水位以上,保证荒漠植被的生态用水,以保持绿洲的稳定与持续发展。

(4)应用遥感等先进技术,建立监测系统,加强生态环境与荒漠化演变发展的监测工作;加强科学

研究,实行科学管理。

(5)根据目前西北干旱区荒漠化发展的严重程度,应当首先以河西走廊石羊河流域下游的民勤盆地,黑河流域下游的额济纳盆地,以及新疆塔里木河下游地区作为重点,开展生态环境的保护、治理与重建工作。

Variation of hydrologic system in respect to desertification in arid area of northwest China

CHEN Meng xiong

(Ministry of the Land and Resources, Beijing 100812, China)

Abstract The enormous inland basins in northwest China, mainly consisting of Zhungeer basin, Talimu basin, Qaidam basin and Hexi Corridor, are known as typical Gobi Desert area occupying a dimension nearly 25% of the whole territory of China. All the streams draining from the mountain area flow into the piedmont plain and become as the main water resources of the cultivated area so called "Oasis" like a green island in the central part of the basin. However, since 1950's the hydrologic situation is already strongly affected by human activities, resulting in serious deterioration of the ecologic environment. This paper focuses on the variation of the hydrologic system due to the impact of human activities in relation to ecologic environments with special reference to the evolution of desertification in the arid area.

Key words: hydrologic system; surface runoff; groundwater; oasis; desertification; basin system; hydrogeologic zonation; eco environment

[英文审定: 苏生瑞]

欢迎赐稿 欢迎订阅 《地球科学与环境学报》

《地球科学与环境学报》(1979年创刊,刊名先后为《西安地质学院学报》、《西安工程学院学报》、《长安大学学报(地球科学版)》、《地球科学与环境学报》)是教育部主管、长安大学主办的地学综合类学术期刊。20世纪80年代以来,她先后被《美国化学文摘》、《美国地质学题录与索引》、《俄罗斯文摘杂志》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国科学引文数据库》、《中国地质文摘》、《中国石油文摘》等国内外十余家著名权威文摘或数据库固定收录。

《地球科学与环境学报》编委会由40多名专家学者组成,其中包括17名中国科学院与中国工程院院士、2名长江学者。本刊以发展地球科学以及与之相交叉的环境科学的理论与创新为己任,并将为此而作出不懈地努力。本刊刊登内容主要有基础地质与矿产地质、水文地质与工程地质、环境地质与生态地质、地球物理、地球信息科学等,她重点报道地学前缘及交叉学科的高水平科技成果,突出西部大开发中资源勘查、干旱与半干旱地区地质与生态环境保护以及国家重要基础设施建设中重大地质科技问题的研究特色,将我国尤其是西部地区的地学与生态环境方面的高水平科技成果推向世界。在此,热诚欢迎广大地学科技工作者为本刊撰写论文,对高质量特别是国家各种基金项目或重大科技攻关项目产出的论文将优稿优发。

本刊现为季刊,每季末月出版,96页,每册定价8元,邮发代号52-280,国外代号Q4115,邮局漏订者亦可直接同本刊编辑部联系。

本刊地址:西安市雁塔路南段126号长安大学雁塔校区;邮政编码:710054;电话:(029)82339978 85585151; E-mail: dkyhxb@chd.edu.cn