

# 西北内陆盆地 水循环—生态复合系统的分析

郭占荣 刘花台 黄奕普

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所 石家庄市 050061)

**提要** 西北内陆盆地生态环境特别脆弱,生态环境与水资源息息相关。该文将内陆河流域作为水循环-生态复合系统,分析了复合系统的结构、功能和水循环特点,对于流域水资源开发和生态环境保护有一定指导意义。

**关键词** 水循环系统,生态系统,内陆河流域,西北

## ANALYSIS OF ECOSYSTEM INCORPORATED WITH WATER- CIRCLE SYSTEM IN INLAND BASIN OF NORTHWEST CHINA

Guo Zhanrong Liu Huatai Huang Yipu

(Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, CAGS)

**Abstract** The ecosystem, closely related to water resources, is very vulnerable in inland basin of northwest China. The paper takes inland basin as a composite ecosystem incorporated with water - circle system. The structure and function of ecosystem are analyzed, simultaneously, the characteristics of water - circle system are discussed, which are helpful for exploiting water resources and protecting eco - environment.

**Key words** water - circle system; ecosystem; inland basin; northwest China

### 1 引言

西北内陆盆地,属于典型干旱荒漠类型地区,每一个流域是相对独立的水循环系统,同时也是相对独立的生态系统。水是这个系统的生命线,没有水就没有绿洲,就没有人类活动。人类唯一能够活动的场所是占流域面积不到5~10%的绿洲,绿洲孕育在浩瀚的荒漠之中。内陆河流域独特的水循环系统决定了独特的生态系统,反过来,生态系统又维系着与其息息相关的水循环系统,两者相互依存、相互作用和相互发展,笔者将其称作水循环—生态复合系统。

我们都知道,西北内陆盆地生态系统是极其脆弱的,人类活动对水资源的开发利用无疑会改变水循环条件,而水循环条件的改变必然引起生态系统的响应。合理有序的水资源开发利用会产生生态正效应,而盲目无序的水资源开发利用就会导致生态负效应;反过来讲,良性发展的生态环境会对水资源起到涵养和保护作用,而恶劣的生态环境会加速水资源的枯竭。吸取西北内陆盆地水资源开发利用的诸多历史教训,将水资源开发利用和生态环境保护放在整个水循环—生态复合系统中统筹考虑,其必要性和重要性是不言而喻的。

### 2 水循环—生态复合系统的结构剖析

从景观生态学的角度出发,根据地形地貌

第一作者简介:郭占荣,男,37岁,研究员,主要从事区域地下水资源评价和海陆相互作用研究工作。现在厦门大学博士后流动站做研究工作。

特征,可将内陆河流域划分为山地生态系统和平原生态系统。山地生态系统根据垂直景观分带,又可进一步划分为极高山冰川积雪亚系统,高山草甸-高寒草原亚系统,山中片林-灌丛-草原亚系统,低山荒漠亚系统;平原生态系统依据人文景观和植被景观,又可进一步划分为戈壁亚系统、人工绿洲亚系统、天然绿洲亚系统和荒漠亚系统。而人工绿洲亚系统按照人类建立的生产生活场所又可进一步细分为人工水域(水库、灌排渠系)、农田、人工林、村镇、城市次亚系统;天然绿洲亚系统按照植被类型又可细分为荒漠河岸林、河谷低地草甸、河谷灌丛次亚系统;荒漠亚系统按照地面组成基质又可细分为砾质荒漠、盐质荒漠、沙质荒漠、土质荒漠次亚系统(图1、图2)。

河流(含吞吐湖和尾间湖)是维系生态系统的纽带和生命线。河流在径流过程中与地下水、大气水进行着频繁转化,在上述各生态

亚系统中水的形成、径流、转化、消耗都存在差异,构成局部水循环特色。根据整个流域水循环的特点,与生态系统的划分相互呼应,可将流域水循环系统划分为产流亚系统、转化亚系统、转化-消耗亚系统、蒸散亚系统、无水少流亚系统(图1、图2)。

### 3 各生态系统的功能和水循环特点分析

#### 3.1 山地生态系统的功能和水循环特点

山地是内陆河流域的发源地,一般海拔在3000m以上。山体基本上是由前震旦纪变质岩系组成,构造断裂发育,地形切割破碎,土壤贫瘠。植被的垂直分带性十分明显,3500~4000m以上通常冰雪覆盖,终年不化。雪线以下依次是高山草甸-高寒草原植被,中山片林-灌丛-草原,低山荒漠的景观植被。

由于山体高大,拦截了来自于海洋的湿润气流,使得山区成为内陆盆地的“湿岛”,一

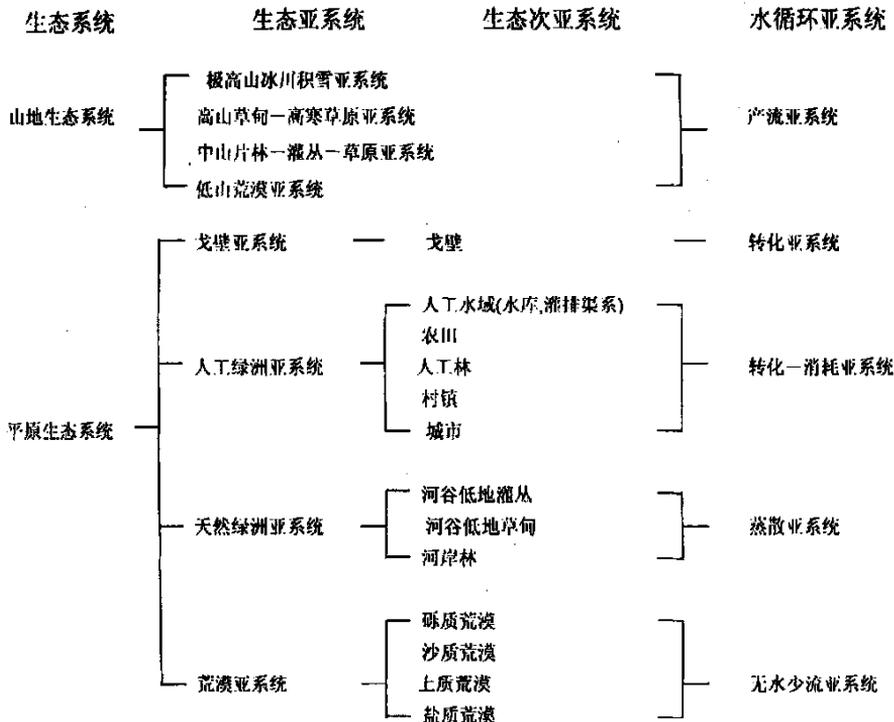


图1 内陆河流域水循环—生态复合系统结构

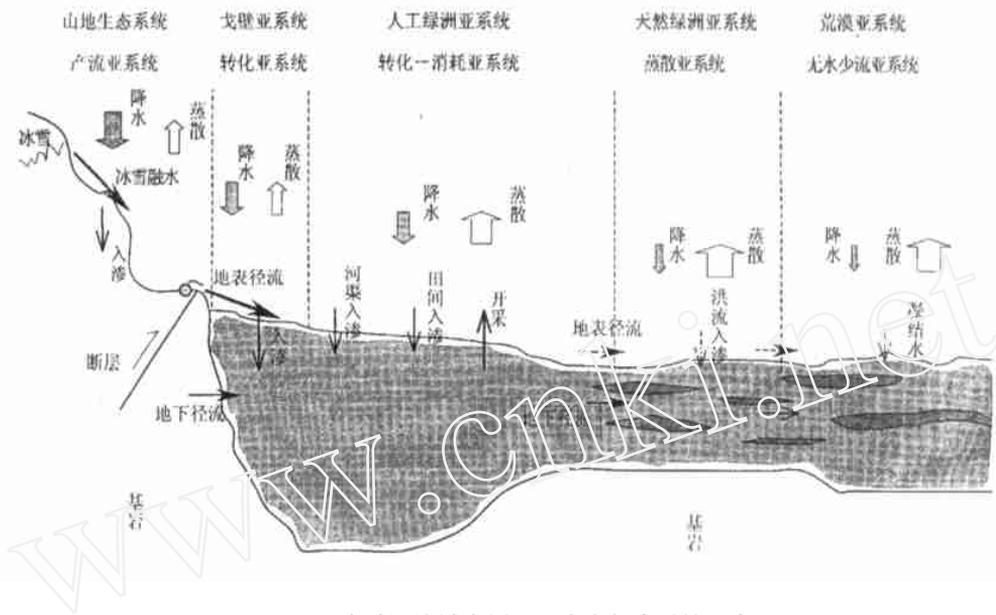


图2 内陆河流域水循环—生态复合系统示意

般降水量在 400mm 以上,是盆地中心降水量的数倍至数十倍,而且高山与极高山之巅均有冰川和永久积雪。据有关资料,内陆河流域源头冰川面积  $2.58 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,每年大约有  $228 \times 10^8 \text{ m}^3$  冰雪融水补给河流,高山冰雪融水补给的比重,占全年河流径流量的 30%~50% 以上。气候条件决定了山地生态系统是内陆河流域的产流区,故又称其为产流亚系统。无论丰水年还是枯水年,由于冰川和积雪的调节作用,使得出山口河流径流量较稳定,年际变化很小,保证了向干旱平原区的稳定供水。山地生态系统既可以产流又可以调节径流,这是它的主要功能。

冰雪融水和山区降水构成山地水循环的输入项,出山口地表径流、山前地下侧向径流和蒸发构成输出项。冰雪融水和山区降水大部分以地表径流形式输出山地生态系统,仅有少部分入渗补给山地基岩裂隙水,而且山地基岩裂隙水又几乎全部在出山之前以泉的形式转化为地表径流,山前地下侧向径流输出是很微小的。同时,蒸发输出也是十分有

限的。

目前,山地生态系统的人类活动稀少,基本仍处于原始状态。从长远和发展的角度看,山地生态系统最好维持这种原始状态,发挥其产流、调节径流和涵养水源的功能。

### 3.2 戈壁生态亚系统的功能和水循环特点

戈壁生态亚系统位于山口以下,人工绿洲以上,实际上是洪积扇顶部,呈条带状,由冲洪积的卵砾石组成。植被很稀疏,环境非常恶劣。

河流出山口后,首先进入戈壁,由于戈壁有渗透性极好的粗颗粒物,所以河流经过戈壁后绝大部分转化为地下水,故又将其称作转化亚系统。由此可见,戈壁生态亚系统的功能是将地表水转化为地下水,在山前构筑起一个巨大的地下水水库,减少水资源不必要的蒸发损耗。

戈壁生态亚系统的水循环特点比较简单,其输入项是河流径流、山地侧向地下径流和降水输入,而以河流径流输入绝对占优;其输出项主要是向下游人工绿洲的侧向输出。

目前,比较重要的河流在出山口都建成水库,并且利用渠道直接引地表水至人工绿洲,大大减少了戈壁带地表水与地下水的转化,实际上是用地表水库代替了地下水库。地表水库固然有其优势,但是,从水资源保护、投入和管理等方面看,未必优于地下水库。

### 3.3 人工绿洲生态亚系统的功能和水循环特点

人工绿洲位于戈壁带之下,洪积扇的中下部位置,它是在荒漠或天然绿洲的基础上,经过长期人类活动的参与和改造而发展起来的,是人类劳动的产物。人工绿洲生态亚系统是以人工水域为支撑,以人工栽培植物和饲养畜禽为主体,由农田、人工林、畜禽养殖、乡村聚落以及部分城市耦合在一起的。人工绿洲面积虽不及流域总面积的5%,但却承载了几乎全部的人口,而且人类的社会、经济、生产、文化活动基本上都是在这块绿洲上进行。人工绿洲生态亚系统的功能就是供人类聚居,供人类进行动植物性生产和其它社会经济活动,是人类生存和发展的空间。

水资源从山前地表水库引入人工绿洲后,绝大部分用于农业灌溉,仅少部分用于工业、生态和生活。地表水通过渠系入渗和田间入渗有25%~40%转化为地下水。与此同时,田间蒸发蒸腾、工业耗水、生活耗水和地下水开采等消耗大量的水资源。所以把人工绿洲生态亚系统又称作转化-消耗亚系统。

由于人为参与了水循环过程,人工绿洲的水循环特点相对较复杂,其输入项包括地表水引入、戈壁带地下侧向输入、降水输入,而输出项包括蒸发蒸腾、地表水引用消耗、地下水开采消耗和地下侧向径流输出。以洪积扇前缘溢出带为界,溢出带上游水循环以水平运动为主,溢出带下游是河湖相沉积的细土平原,水循环以垂向运动为主。

近些年来,人类活动对该系统水循环条件的影响很大,大量引用地表水使得溢出带上游地表水对地下水补给量减少,造成洪积扇前缘溢出带泉水减少,乃至造成泉集河断流。而泉集河流量的减少甚至断流使得溢出带下游人类的生存环境逐渐变坏,人们不得不放弃原来的许多良田而撂荒,造成荒漠化。

此外,人工绿洲上游的一些地方,往往因为灌溉方式粗放,大水漫灌,重灌轻排,使得地下水水位抬高,导致土壤次生盐渍化。

### 3.4 天然绿洲生态亚系统及其水循环特点

天然绿洲生态亚系统位于人工绿洲生态亚系统的下游,主要是由不依赖于天然降水的非地带性植被构成,为中生、旱生且具有一定覆盖度的天然乔、灌、草植物,分布在地下水埋深较小的河滩地、低阶地、湖滨及低洼地,主要依靠洪水灌溉或地下水维持生命,故随着河流来水量和地下水状态的变化而变化。

天然绿洲生态亚系统,在抗风沙、盐碱和干旱能力方面优于人工生态亚系统。由于它位于人工绿洲和荒漠之间,所以成为人工绿洲防风、固沙、阻沙的天然绿色屏障,没有天然绿洲的防护功能,人工绿洲就难以为继。因此,天然绿洲生态亚系统的功能是人工绿洲的防护屏障。

天然绿洲所在的位置是冲积-湖积细土平原区,地表水径流很少,偶尔有洪水径流输入,地下水径流十分缓慢,天然植被的蒸发蒸腾要消耗大量地下水,故将天然绿洲生态亚系统又称作蒸散亚系统。

天然绿洲生态亚系统的水循环特点是以垂直交替作用为主。水循环系统的输入项是地表洪流、地下水侧向微弱径流和本系统降水;输出项主要是天然植被蒸散(包括陆面蒸发)。

该系统本身降水稀少,地表径流因上游利用过多而使其输入大幅度减少或断流,地

下径流输入又十分缓慢,所以,该系统水循环以地下水的垂直蒸散消耗为主,输出大于输入,水资源处于失衡状态。地下水因缺少地表径流补给而水位持续下降,主要依靠地下水而维持生命的天然植被因水资源的不足而严重退化,天然植被退化使得荒漠向天然绿洲不断推进,天然绿洲的绿色屏障作用大大削弱。

### 3.5 荒漠生态亚系统的水循环特点

荒漠生态亚系统地处盆地腹部,植被极其稀少,环境十分恶劣。一般年降水量在20mm以下,地表径流基本没有,地下径流几乎处于停滞状态,所以把该系统也称作无水少流亚系统。

荒漠生态亚系统的水循环的输入项主要是本地降水和凝结水,输出项是蒸发蒸腾。凝结水作为主要输入项,是荒漠植被的重要水源。凝结水通常夜间凝结,一部分由植物吸收,一部分滋润土壤表面,白天又通过土面和植物叶面蒸散消耗掉,是该系统水循环的一个显著特点。荒漠的形成,既有自然因素的影响,也有人为因素的影响。而近些年来西北内陆盆地荒漠的扩展速度很快,人为因素的影响起着主导作用,具体地说是由于人为造成该系统水资源的来源减少,特别是地表水的输入减少,如许多流域尾间湖的干涸,可以说是人为造成的缺水加速了荒漠化进程。

## 4 结束语

综上所述,西北内陆河流域既是一个完整的生态系统,又是一个完整的水循环系统,其中包含许多结构、功能和水循环特点各不相同的亚系统,这些亚系统之间相互依赖、相互影响、相互作用,下游亚系统的输入依赖于上游亚系统的输出,上游亚系统的水循环条件发生变化,就会引起下游亚系统水循环条件的变化和生态环境的响应。近几十年来,人类活动大大改变了流域的水循环条件,特别是许多水利工程的建设,既有其积极的一面,也有其诸多负面影响,似乎人类过分注重了对人工绿洲环境的改善,而忽视了对其它生态亚系统的影响,特别是忽视了天然绿洲亚系统的作用。这种建立在牺牲其它生态亚系统环境质量的基础上的人工绿洲的繁荣是不可能长久的,早晚要付出代价。因此,西北内陆盆地在水资源开发利用和生态环境保护问题上,一定要从长远出发,站在整个流域的角度统一规划利用水资源,只有这样才能实现水资源和生态环境的可持续发展。

(收稿日期:2002-06-25)

(上接第10页)

### 参考文献

- 1 顾孟潮. 论钱学森与山水城市和建筑科学. 建筑学报, 2000(7):12~13
- 2 鲍世行. 钱学森与山水城市. 城市发展研究, 2000, (6): 15~20

- 3 潘国营. 高新区开挖水面,地下水够用吗? 焦作日报, 2002-05-16,6
- 4 潘国营. 发挥地下水资源优势,创建山水园林城市. 焦作日报, 2002-05-21,1

(收稿日期:2002-07-01)