

# 甘肃绿洲

陈仲全 詹启仁 等 编著



中国林业出版社

## 前 言

西北师范大学地理系、西北资源环境研究所的师生们,从 50 年代末已开始了对甘肃绿洲的研究。1959 年秋,正当我国三年经济困难时期,西北师范大学地理系师生 100 多人,组成了三个分队,分别对古浪、山丹、张掖三大绿洲进行了考察与规划。为了对这一考察作准备工作,事前,曾由陈仲全、魏庭玉深入今日金川公司所在地的宁远堡绿洲进行预察。1964 年,西北师范大学地理系教师 10 多人参加了中国科学院酒泉绿洲农业区划队的考察与研究工作,历时近一年。1973、1977、1980、1983、1985、1987 年,西北师范大学地理系师生近 200 多人,多次深入武威、民勤、永昌、张掖、临泽、高台、民乐、酒泉、金塔、玉门、安西、敦煌、哈密、吐鲁番、石河子、莫索湾等绿洲进行实地考察研究。1988—1994 年,在西北资源环境研究所、地理系的省列重点学科、自然地理硕士学位点的导师指导下,研究生们又多次对甘肃绿洲进行了系统的专题考察研究,取得了系统的研究成果。

甘肃绿洲一书以系统论、人地协调论和可持续发展战略为指导,简要论述了绿洲学的基本问题——绿洲结构、机制、优化、调控与对策,提出了广义绿洲概念、模型与绿洲化问题,介绍了武威、张掖、酒泉三大绿洲系统,初步汇编了甘肃绿洲的主要数据、资料和图的系统。由于篇幅限制,详细内容留待《甘肃绿洲系统优化与数据》一书中发表。甘肃绿洲是我国著名的塞外江南、丝路宝藏。目前,这些绿洲正担当起开发大西北,重振丝路雄风的重任。研究甘肃绿洲建设的理论,处理好绿洲环境与发展关系,具有重大的理论与现实意义。

本书由陈仲全教授任主编、詹后仁教授任副主编。第一章、第二章、第三章由陈仲全编写;第四章由张正栋编写;第五章由蒙古军、周劲松编写;第六章由刘普幸、赵雪雁编写;第七章由常红、詹后仁编写;第八章由蒙古军、赵雪雁、梁勤欧编写。全书由陈仲全、张正栋统稿。

编 者

1994 年 8 月 10 日于兰州

AM17/15 03

# 目 录

## 简介

## 前言

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| <b>第一章 绿洲系统结构</b> .....       | ( 1 )   |
| 第一节 绿洲的概念 .....               | ( 1 )   |
| 第二节 绿洲的结构 .....               | ( 2 )   |
| 第三节 绿洲的分布与特征 .....            | ( 4 )   |
| <b>第二章 绿洲系统机制</b> .....       | ( 12 )  |
| 第一节 绿洲系统机制的内涵 .....           | ( 12 )  |
| 第二节 绿洲系统内部反馈机制 .....          | ( 13 )  |
| <b>第三章 绿洲系统优化、调控与对策</b> ..... | ( 25 )  |
| 第一节 绿洲系统优化与调控 .....           | ( 25 )  |
| 第二节 绿洲系统的对策 .....             | ( 29 )  |
| <b>第四章 武威绿洲</b> .....         | ( 33 )  |
| 第一节 概况 .....                  | ( 33 )  |
| 第二节 武威绿洲的结构 .....             | ( 36 )  |
| 第三节 武威绿洲系统的功能和效益 .....        | ( 50 )  |
| 第四节 武威绿洲系统的调控 .....           | ( 52 )  |
| 第五节 武威绿洲节水系统的模型与优化 .....      | ( 56 )  |
| 第六节 武威绿洲节水系统优化的途径 .....       | ( 58 )  |
| <b>第五章 张掖绿洲</b> .....         | ( 61 )  |
| 第一节 概况 .....                  | ( 61 )  |
| 第二节 张掖绿洲系统的构成 .....           | ( 63 )  |
| 第三节 张掖绿洲系统的结构 .....           | ( 68 )  |
| 第四节 张掖绿洲系统的功能 .....           | ( 71 )  |
| 第五节 张掖绿洲系统结构的调整 .....         | ( 78 )  |
| <b>第六章 酒泉绿洲</b> .....         | ( 85 )  |
| 第一节 概况 .....                  | ( 85 )  |
| 第二节 酒泉绿洲系统的类型与组成 .....        | ( 85 )  |
| 第三节 酒泉绿洲系统的结构与功能中存在的问题 .....  | ( 88 )  |
| 第四节 绿洲的干旱、风沙与沙漠化 .....        | ( 89 )  |
| 第五节 酒泉绿洲的优化与调控 .....          | ( 93 )  |
| 第六节 酒泉绿洲的优化与对策 .....          | ( 102 ) |
| <b>第七章 绿洲系列图的计算机绘制</b> .....  | ( 104 ) |
| 第一节 数据的获取与管理 .....            | ( 104 ) |
| 第二节 图形的数字化 .....              | ( 106 ) |
| 第三节 图形的自动绘制 .....             | ( 110 ) |
| <b>第八章 数据、资料和图</b> .....      | ( 113 ) |
| 第一节 主要数据 .....                | ( 114 ) |
| 第二节 资料 .....                  | ( 115 ) |
| 第三节 图 .....                   | ( 122 ) |

# 第一章 绿洲系统结构

## 第一节 绿洲的概念

从区域方面分析,绿洲(Oasis→O)是干旱自然地理条件下,利用外来补给径流(地表的和地下的)而发展的自然植被和/或灌溉经济社会区域;从集合与系统方面分析,绿洲既是通过物质、能量和信息流(Drive→ΣD),把灌区自然生态(Nature→N)、经济(Economy→E)和社会(Society→S)联结起来的复杂结构的集合,也是干旱沙漠、戈壁环抱下的自然地理实体和人类改造自然的社会经济实体组成的复杂系统。

在浩瀚的沙漠、戈壁上出现一片绿树成荫、草原连片、河道、渠系成网、阡陌纵横、经济繁荣、乡镇兴旺的宝地,被称为绿洲。由此可见,绿洲是与荒漠相伴,对荒漠而言的良乡沃地。狭义的绿洲概念是“荒漠中水源充足,生长植物,农牧业发达的地方”。我国古代称为“沙中水草堆或水草田”,名句“沙中水草堆好似仙人岛”就是对绿洲的写照。近代,不少作者把绿洲称为“沃洲”或“沃野”,即沙漠、戈壁中的水丰、草茂、土肥的肥沃土地。我国新疆的维吾尔族人把绿洲叫做“博斯坦”。绿洲的英文 Oasis(复数 Oases)来源于拉丁语,也是指利比亚荒漠中的肥沃土地,即指荒漠中能“住”(Oweh)和能“喝”(Saa,科普特语)的地方<sup>①</sup>。从狭义绿洲的概念可见绿洲有以下几方面特性:

**地缘性:**绿洲位于干旱自然地理环境之中,一般处于干旱气候控制下的沙漠、戈壁的包围之中。在干旱自然地理条件下(包括半干旱的部分地区),由于外区的地表、地下或其他径流的输入,都可能出现绿洲,其中也应包括人为的输入径流形成的绿洲。在甘肃,有主要依靠祁连山冰雪融水、雨水形成的地表、地下径流补给的绿洲,如武威、张掖、酒泉等绿洲;也有主要靠地下水出露补给的绿洲,如南湖绿洲等;还有很大程度上要补充人工引水的工矿绿洲,如金昌、嘉峪关、低窝铺的部分绿洲。

**维水性:**在干旱气候控制下的沙漠戈壁中;大气降水极少,蒸发力强,干燥度在4以上,外区输入的地表水、地下水是维系绿洲的命脉。在这里,水利是人类、经济与社会的命脉的论断是千真万确的真理。

**脆变性:**被干旱沙漠、戈壁包围的地缘条件和强烈依附于外区输水的特性,决定了绿洲的脆弱和易变的特性。具体的是指干旱、风沙、灾害可使绿洲土地沙漠化;灌溉不合理可使绿洲土地盐渍化;盲目掠夺性的农牧开垦,只求产出而不投入或少投入的结果,使绿洲土地贫瘠化;城市工矿不合理用地破坏绿洲土地结构,使绿洲土地遭污染与破坏。脆变性促使绿洲土地遭受危害的过程加速,强度加大。

**高效性:**在干旱自然地理条件下,无论自然或人为地从外区输入地表、地下径流,形成对自然植被、人工经营作物(农、林、牧、渔)、工矿产业和经济社会各项事业发展的效率的迫切要求。必须力争高效率才能使绿洲向稳定、良性循环方向发展。高效性包括:投入产出上有高的经济效益;生态平衡上有高的环境效益;社会稳定繁荣上有高的社会效益。在1984年由美国科

<sup>①</sup> Cloudsley—Thompson, J. L. Man and Biology of Arid Zones. Mariland University prees, 1984.

学促进会与中国科协联合召开的中美沙漠问题学术会议上,作者就提出过以绿洲化抵御沙漠化的论点。并在1987年发表于环境科学学报7卷1期上的论文《绿洲节水系统监控与绿洲开发》中阐述了这一论点。绿洲的高效性是绿洲化程度的重要标志,将在第三章详细探讨。

绿洲的类型多样,按不同的标准分类可划分为不同的类型。按水源所属流域分有:外流型绿洲、内流型绿洲与无流型绿洲。外流型绿洲是由外流流域河流补给的绿洲,它有流量稳定、水量丰富的常年河流供给水源,如我国的银川平原、河套平原绿洲与北非的尼罗河绿洲等。内流型绿洲是由内流流域的河流补给的绿洲,它多分布在内陆干旱区的高大山脉的山麓,由高山降水与冰雪融水补给的内流河所滋润;我国大西北的大部分绿洲属这种类型,它补给的水量有限且季节变化很大。无流型绿洲是由地下水补给或人工引进水源形成的绿洲,按流域划分实际上是无地表河流的地区;我国西北的南湖绿洲、花海绿洲,海湾地区的不少绿洲属此种类型。

按土地利用类型与效益,以绿洲的农牧、工业产值的比重可划分为农牧绿洲、工矿绿洲和综合绿洲。农牧绿洲的农牧业产值占农业总产值90%以上,农业产值超过工业产值,如张掖绿洲、武威绿洲等。工矿绿洲的工业产值占工农业总产值90%以上,如金昌绿洲与嘉峪关绿洲。综合绿洲,农牧业与工矿业各占30%以上的绿洲,如酒泉绿洲。

## 第二节 绿洲的结构

绿洲的结构有不同的模型,这里介绍最常用的几种,即自然与人文集合模型;自然、经济与社会集合模型;人口、资源、环境与发展集合模型。

自然与人文集合模型:从地理学与系统论的观点出发,可把绿洲看成特定区域的自然地理子系统与人文地理子系统构成的复杂结构的集合。绿洲自然地理子系统的组元,首先有地元、气元与生元,它们又构成无机集合元;其次有植物、动物、微生物等构成的生元,也称有机集合元;在无机集合元与有机集合元相互联系作用下,派生了土元并共同构成生态系统,也称自然地理系统或人类经济社会活动广义的环境。自然地理子系统物质能量流有太阳能、地球重力能与水分为主的物质能量流。它们通过水热循环与平衡的能量与物质交换过程,通过碎屑物质循环与平衡的能量与物质交换过程,把气元、水元、地元为主的自然地理系统密切联系起来。另外,通过营养物质与能量循环与平衡的能量物质交换过程,把无机集合元、有机集合元与土元密切联系起来。

水热循环与平衡是级联过程系统,可以通过净辐射( $\bar{R}$ )与干燥度辐射指数( $D=\bar{R}/LP$ )求出这一过程的反应系统——气候类型系统。绿洲的气候类型系统是属于干旱气候环抱下的绿洲气候。

碎屑物质循环与平衡是级联过程系统,可以通过地球运动成岩作用与外力作用的坡面分析,确定这一过程的反映系统、地貌类型,如表1—1。

表1—1 碎屑物质循环过程与反应系统

| 地貌过程      | 地貌类型 | 主要参量                                           |
|-----------|------|------------------------------------------------|
| 地球运动成岩作用  | 构造地貌 | 海拔 $h$ , 升降速度 $dh/dt$ , 岩性阻力 $R$ , 风化侵蚀力 $W+E$ |
| 岩性风化作用    | 风化地貌 | $h, dh/dt, W, dW/dt$                           |
| 岩性侵蚀作用    | 侵蚀地貌 | $E, dE/dt$                                     |
| 负载、搬运沉积作用 | 沉积地貌 | 负载 $L$ , 搬运 $T, L/T, d(L/T)/dt$                |

绿洲碎屑物质循环过程与反映系统属于绿洲局地坡面分析中,不同的沉积地貌、风蚀地貌与风积地貌经人类活动演化而成。

营养物质能量循环与平衡过程系统可通过营养物质循环与生产率水平,确定反映系统、生态系统的类型与水平,即植物、动物群落与土壤类型。绿洲生态系统是自然干旱或半干旱荒漠生态与绿洲灌溉人工生态相互作用下演化而成。

绿洲人文地理子系统由人类元、经济元、社会元构成人文集合元,也称智慧集合元。它们之间与自然地理子系统之间的物质能量流有资源流、生产流、信息流、价值流和人口增殖流。绿洲人文地理子系统从自然地理子系统中吸取资源流,并以生产流、人口增殖流对其产生反作用。这一过程中有正负作用交错进行,人类应力求环境与发展兼顾的原则下,协调三种流的作用。信息流是上述过程中,人类积累的技术、经验、知识和理论的总汇。价值流是投入与产出效益结果的传输。绿洲农牧工矿各业就是吸取绿洲光、热、水、土、肥、生物、矿物等资源流进行生产的产业,它创造出多样的生产流。目前,当务之急是绿洲负载过大,吸取资源流过多,投入生产流少,使环境破坏、发展停滞,必须坚持持续发展战略,协调好环境与发展关系。

自然、经济与社会集合模型:绿洲的主要组元是灌区的自然生态、经济与社会,联结它们的物质、能量和信息流( $\Sigma D$ )是资源( $R$ )、资金( $F$ )、产品( $P$ )、人才( $M$ )和信息( $I$ )等的传输。

绿洲是一个开放系统,受环境条件( $C$ )的影响,其中,水源区环境( $C_w$ )和沙漠、戈壁( $C_d$ )的影响最大。另外,还受区外经济社会环境( $C_e + C_s$ )的影响。绿洲作为国家、省(自治区)的所属单位,也受制于一定的指令( $OR$ )发展。上述关系表达如下:

$$N \subset O; N \triangle \{W_n, S_n, A_n, B_n, M_n\}$$

$$E \subset O; E \triangle \{L_e, I_e, M_e\}$$

$$S \subset O; S \triangle \{P_s, U_s, C_s\}$$

$$\Sigma R = \Sigma W_n + \Sigma S_n + \Sigma A_n + \Sigma B_n + \Sigma M_n$$

$$\Sigma D = \Sigma R + \Sigma F + \Sigma P + \Sigma M + \Sigma I$$

$$\Sigma C = \Sigma C_w + \Sigma C_d + \Sigma C_e + \Sigma C_s$$

这里,除前文已标示者外, $W_n$ 为水资源; $S_n$ 为土壤资源; $A_n$ 为气候资源; $B_n$ 为生物资源; $M_n$ 为矿物资源; $L_e$ 为土地; $I_e$ 为基础设施,包括组织机构、劳动工具、经济技术、贯彻经济政策法规等硬、软件设备; $M_e$ 为人才; $P_s$ 为居民,包括人口、民族、职业结构等; $U_s$ 为城镇聚落,包括城乡建设与环境保护的规划与实施等; $C_s$ 为文化生活设施,包括社会物质、精神文明建设、消费需求、文化教育、医疗保健、社会福利等。

绿洲人口、资源、环境与发展集合模型:这一模型把绿洲看成是人口( $P$ )、资源( $R$ )、环境( $E$ )与发展( $D$ )结构的集合,也简称为 PRED 模型。如将  $D$  实化为经济( $E_e$ )与社会( $S$ )实体,则这一模型又可写成 PRE<sub>v</sub>E<sub>c</sub>S 模型,这一系统的组元是人口、资源、环境、经济与社会。按地理学的人地协调论观点,我们可以把人口、经济与社会活动看为“人”的方面;把资源与环境看为“地”的方面。因此,绿洲 PRE<sub>v</sub>E<sub>c</sub>S 模型就是人地集合协调模型。联结这一模型的组元与人、地两大子系统的物质能量流有资源流( $\Sigma R$ )、生产流( $\Sigma P_m$ )、信息流( $\Sigma I$ )、价值流( $\Sigma F$ )、人口增殖流( $\Sigma P$ )。上述关系表达如下:

$$R \subset O; R \triangle \{W_n, S_n, A_n, B_n, M_n\}$$

$$E_v \subset O; E_v \triangle \{A_v, H_v, T_v, S_v, B_v\}$$

$$P \subset O; P \triangle \{P_s, M_s\}$$

$$E_e \subset O; E_e \triangle \{A_e, C_e, F_e, T_e, I_e, M_e, U_e\}$$

$$S \subset O; S \triangle \{U_s, C_s\}$$

$$\Sigma R, \Sigma P_m, \Sigma I, \Sigma F, \Sigma P$$

$$\Sigma D = \Sigma R + \Sigma F + \Sigma P_m + \Sigma P + \Sigma M_e + \Sigma I$$

$$\Sigma C = \Sigma C_w + \Sigma C_d + \Sigma C_e + \Sigma C_i$$

这里,除模型二中已标示的符号外, $E_e$  为环境, $A_e$  为大气环境, $H_e$  为水环境, $T_e$  为地环境, $S_e$  为土壤环境, $B_e$  为生物环境, $E_e$  为经济, $A_e$  为农业, $C_e$  为牧业, $F_e$  为渔业, $T_e$  为林业, $I_e$  为工业, $M_e$  为矿业, $U_e$  为第三产业。

总之,表述绿洲结构的模型都显示了绿洲是一极为复杂的系统。它涉及自然与人文范畴的多项组元,联结它们的物质能量流也极为复杂。另外,绿洲是一开放系统,它还受区外环境与行政指令等的影响。要深刻认识绿洲首先要按其结构的各部分作深入的观测分析。

### 第三节 绿洲的分布与特征

外流型绿洲分布比较简单,它决定于流入干旱区的外流河的动向,像我国黄河流入银川、河套平原形成的绿洲,北非尼罗河下游的绿洲。这类绿洲沿河分布,随河谷形态成带状、连片发展。

内流型绿洲的分布与高山冰川及降水的关系密切。我国大西北的内陆绿洲与祁连山、昆仑山、天山、阿尔泰山等高大山脉密切依傍。因为这些高大山脉发育着冰川且有较为丰富的山区降水,冰川雪线一般在 4050—6200m,有的山地的雪线降至 3000m,如阿尔泰山。高山冰川是高大的山地地貌形成高寒多降水的气候的结果。当降雪量大于消融量时,在地貌条件适合的情况下发育了积雪与冰川,冰川融水与山区降水是绿洲水流之源。甘肃省祁连山区的冰川总面积 1596.04km<sup>2</sup>,冰川储量 786.875 亿 m<sup>3</sup>,每年补给河西三大流域冰川融化水量约 9.46 亿 m<sup>3</sup>,占河西山区河川径流量 72.6 亿 m<sup>3</sup> 的 13.1%。这里的年总河川径流量:自产地表水资源 57.9 亿 m<sup>3</sup>,由青海省入境水量 14.7 亿 m<sup>3</sup>。这些水量大部消耗于绿洲的灌溉引水、蒸发与河床渗漏、年出境水量 7 亿 m<sup>3</sup>,流入内蒙古。河西走廊山地地下水天然资源总量为 26.374 亿 m<sup>3</sup>·a<sup>-1</sup>,其中有 10.208 亿 m<sup>3</sup>·a<sup>-1</sup> 参与地表水出山及入渗补给平原区地下水,视为重复量,因此,河西走廊山地地下水天然资源净量为 16.1713 亿 m<sup>3</sup>·a<sup>-1</sup>。表 1—2 为甘肃内陆河流域年降水量、径流量、出入境水量统计表。表 1—3 为甘肃内陆河流域冰川分布。

表 1—2 甘肃内陆河流域年降水量、径流量、出入境水量

| 分 区   | 面积(km <sup>2</sup> ) | 年降水量(亿 m <sup>3</sup> ) | 年径流量(亿 m <sup>3</sup> ) | 年径流深(mm) | 入境水(亿 m <sup>3</sup> ) | 出境水(亿 m <sup>3</sup> ) |
|-------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------|------------------------|------------------------|
| 疏勒河区  | 15200                | 148                     | 16.0                    | 10.5     | 14.7                   | 7.0                    |
| 苏干湖区  | 21100                | 23.7                    | 4.27                    | 20.2     |                        |                        |
| 黑 河 区 | 46400                | 121                     | 22.0                    | 39.0     |                        |                        |
| 石羊河区  | 41600                | 91.1                    | 15.7                    | 37.7     |                        |                        |

表 1—3 甘肃内陆河各流域冰川分布

| 流 域  | 条 数  | 面 积(km <sup>2</sup> ) | 储 量(km <sup>3</sup> ) | 冰川平均面积(km <sup>2</sup> ) | 最大面积(km <sup>2</sup> ) |
|------|------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| 石羊河  | 141  | 64.82                 | 2.1434                | 0.46                     | 3.16                   |
| 黑 河  | 260  | 80.84                 | 2.1034                | 0.31                     | 2.81                   |
| 北大河  | 591  | 278.54                | 10.1231               | 0.47                     | 7.02                   |
| 疏勒河  | 639  | 589.64                | 33.3456               | 0.92                     | 21.91                  |
| 党 河  | 336  | 259.74                | 12.3904               | 0.77                     | 11.68                  |
| 小 计  | 1967 | 1273.58               | 60.1059               | 0.65                     |                        |
| 哈勒腾河 | 250  | 322.46                | 18.5816               | 1.29                     | 57.07                  |
| 总 计  | 2217 | 1596.04               | 78.6875               | 0.72                     | 57.07                  |

另外,河西走廊各大型盆地的地下水天然资源,属干旱山前平原,地下水天然资源量为47.837亿 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ (已扣除重复)。

绿洲处于干旱自然地理条件下,首先被干旱气候包围和影响,甘肃河西走廊的绿洲大部处于温带内陆干旱气候控制下,近祁连山部分属温带高寒半干旱气候。其中,金昌、嘉峪关、酒泉、张掖、武威的走廊及北山山区(疏勒河下游谷地除外)属寒温带干旱区,年平均气温 $5-8^{\circ}\text{C}$ ,无霜期140—160天,年日照时数2800—3300h,年降水量50—200mm,干燥度 $>4.0$ 。疏勒河下游,包括安西、敦煌的中部地区属暖温带干旱区,年平均气温 $8-10^{\circ}\text{C}$ ,无霜期150天左右,年日照时数3200h,年降水量不到50mm,干燥度 $>10.0$ 。上述两类干旱区的主要气象灾害是大风、风沙、干热风、霜冻。酒泉、张掖、武威3地区的南部山地和山间谷地属于祁连山高寒半干旱区,年平均气温 $4^{\circ}\text{C}$ 以下,无霜期140天以下,年日照时数2600h左右,年降水量100—500mm,干燥度1.5—4.0。

表 1—4 太阳总辐射

单位:  $\text{MJ}/\text{m}^2$

| 项 目<br>站 名 | 1 月    | 4 月    | 7 月    | 10 月   | 年       |
|------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 野马街        | 289.52 | 262.85 | 713.26 | 456.91 | 6273.33 |
| 敦 煌        | 296.17 | 617.59 | 732.90 | 466.66 | 6329.86 |
| 玉门镇        | 308.65 | 614.58 | 734.36 | 484.15 | 6411.87 |
| 酒 泉        | 306.01 | 594.27 | 673.87 | 469.34 | 6078.52 |
| 高 台        | 314.72 | 591.22 | 691.62 | 474.36 | 6200.94 |
| 张 掖        | 325.07 | 603.90 | 673.45 | 473.11 | 6207.98 |
| 永 昌        | 336.70 | 580.42 | 622.91 | 450.21 | 5944.33 |
| 民 勤        | 318.03 | 583.39 | 652.81 | 435.13 | 5953.34 |
| 武 威        | 339.55 | 585.90 | 647.78 | 431.83 | 5983.61 |

表 1—5 气温平均日较差、年较差

单位:  $^{\circ}\text{C}$

| 项 目<br>站 名 | 日 较 差 |      |      |      |      | 年较差  |
|------------|-------|------|------|------|------|------|
|            | 1 月   | 4 月  | 7 月  | 10 月 | 年    |      |
| 马鬃山        | 12.7  | 15.1 | 13.7 | 14.2 | 13.9 | 30.6 |
| 敦 煌        | 14.9  | 17.9 | 16.4 | 17.3 | 16.1 | 34.0 |
| 玉门镇        | 12.2  | 15.6 | 14.0 | 14.7 | 13.9 | 32.1 |
| 酒 泉        | 13.3  | 14.9 | 13.9 | 14.2 | 13.9 | 31.5 |
| 张 掖        | 16.5  | 16.3 | 14.9 | 16.4 | 15.7 | 31.6 |
| 武 威        | 14.4  | 15.2 | 14.4 | 14.2 | 14.3 | 30.6 |
| 民 勤        | 14.9  | 16.1 | 14.9 | 15.6 | 15.2 | 32.8 |

表 1—6 各级降水量出现的平均日数及频率(%)

| 项 目<br>站 名 | 小 雨       |      | 中 雨         |     | 大 雨         |     |
|------------|-----------|------|-------------|-----|-------------|-----|
|            | 0.1—0.9mm |      | 10.0—24.9mm |     | 25.0—49.9mm |     |
|            | 日 数       | 频 率  | 日 数         | 频 率 | 日 数         | 频 率 |
| 马鬃山        | 42.8      | 96.8 | 1.4         | 3.2 |             |     |
| 敦 煌        | 18.7      | 97.4 | 0.5         | 2.6 |             |     |
| 玉门镇        | 27.1      | 96.7 | 0.9         | 2.9 | 0.1         | 0.4 |
| 酒 泉        | 29.8      | 97.5 | 0.8         | 1.9 | 0.2         | 0.6 |
| 张 掖        | 50.2      | 94.9 | 2.6         | 4.9 | 0.1         | 0.2 |
| 武 威        | 55.8      | 94.1 | 3.3         | 5.6 | 0.2         | 0.3 |
| 民 勤        | 37.8      | 93.5 | 2.2         | 5.5 | 0.4         | 1.0 |

表 1—4, 表 1—5, 表 1—6 为甘肃河西走廊绿洲地区各主要站点的太阳总辐射, 气温平均日较差、年较差, 各级降水量出现的平均日数的频率的资料。从资料中可见河西走廊年太阳总辐射量为  $5800—6400 \text{ MJ/m}^2$ ; 气温平均年较差  $30—34^\circ\text{C}$ 、气温平均日较差  $12—16^\circ\text{C}$ ; 小雨日数  $21—63$  天, 占降水日数的频率为  $91\%—98\%$ , 中雨日数  $1—4$  天, 频率  $3\%—7\%$ , 大雨日数  $1$  天左右, 频率  $<1\%$ , 暴雨极少出现。

另外, 河西走廊的蒸发量为  $2000—3000 \text{ mm}$ , 是甘肃省蒸发量最大地区(为蒸发皿资料, 仅供参考)。风向, 冬、秋季多西南风、西北风; 春季多东风、东南风; 夏季多东风或东南风。但安西地区受地形作用, 一年四季以东风为主。风速, 走廊北部年平均风速  $3—5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 年有效风能密度  $200 \text{ W/m}^2$ , 年有效风速小时数  $5000—6300 \text{ h}$ , 河西走廊中南部年有效风能密度  $50—150 \text{ W/m}^2$ , 年有效风速小时数  $2000—3000 \text{ h}$ , 是风能可利用区。河西风速有明显季节变化, 春季  $2—5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 夏季  $2—4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 秋季  $1—4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 冬季  $2—5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

主要气象灾害,  $\geq 17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的大风日数、平均  $14—48$  天, 安西为  $68.5$  天, 最多年份可达  $105$  天。沙尘暴日数  $2—37$  天, 最多年  $4—58$  天。霜冻始于 9 月下旬至 10 月上旬; 结束于 3 月下旬至 4 月上旬。

甘肃河西走廊绿洲分布的地质地貌条件是它临近古生代以前形成的古老山地又经中、新生代以来抬升的高山, 分布在这类高山的山前为沉降带。其地层特点是中生代沉积岩系之上的新生代地层, 由砾石层、隔水层与潜水层构成。地貌特点是山前洪积扇前缘与冲积平原, 一般存在于  $500—2200 \text{ m}$ 。绿洲与高山之间一般有洪积物构成的戈壁带。由于绿洲在洪积扇与冲积平原上的位置差别又分为高位绿洲、中位绿洲、扇缘绿洲与沿河绿洲。由于沿内陆大河流成带状分布或沿单点泉水出露而形成的绿洲, 也称带状绿洲群和岛状绿洲。

河西走廊东段、中段、北山山地及阿拉善高原的南部边缘的温带干旱荒漠中分布着武威、张掖、酒泉、金昌、嘉峪关等众多的绿洲。一般海拔在  $1000—1500 \text{ m}$ , 区内在平原的背景上有低山丘陵和浅丘, 海拔  $1500—2500 \text{ m}$ , 龙首山主峰东大山高  $3616 \text{ m}$ 。走廊中部有大黄山和黑山突起, 将走廊分隔为三大内陆河流域(石羊河流域、黑河流域、疏勒河流域), 形成若干盆地构造, 为河西地区主要灌溉绿洲分布区。北山为走廊北侧马鬃山, 合黎山和龙首山的总称, 绵延  $1000$  多  $\text{km}$ , 由于气候干旱, 风力剥蚀严重, 山地岩石与山麓砾石裸露, 形成岩漠、砾漠景观, 因此, 北山已准平原化, 洪积与剥蚀平地所占面积超过干燥剥蚀山地。阿拉善高原是古生代以来剥蚀堆积、和缓起伏的古老地块, 高平原上有低山、浅丘、沙漠、戈壁广泛分布, 巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠有一部分分布在本区内。地带性植被以旱生和超旱生的灌木、半灌木为主, 分布最广的是红砂和泡泡刺荒漠。东部地区和山前地段, 荒漠植被具有明显的草原化特征, 群落中伴生有针茅、闭穗、多根葱等草本植物。低洼和水分条件较好的地段, 有草甸、沼泽和盐生植物生长。山地上有灰棕漠土、山地灰漠土、山地灰钙土、山地棕钙土、山地灰褐土、亚高山草甸土等。地带性土壤有灰钙土、灰漠土、灰棕漠土, 非地带性土壤有草甸土、沼泽土、盐土、风沙土等。在绿洲上还有人工培育的绿洲灌溉土、灌耕土、灌淤土等。

河西走廊西段双塔水库以西的安西县西部和敦煌市大部地区属于暖温带极端干旱荒漠中的绿洲。它处于安西-敦煌盆地, 疏勒河下游, 中央部分为绿洲, 四周被戈壁、荒漠山地包围, 西部有库姆塔克沙漠及风蚀雅丹地貌。地带性植被由典型的超旱生灌木、小半灌木组成, 分布最广的是合头草、红砂、膜果麻黄荒漠, 群落结构中禾本科草类缺乏。河流下游及扇缘洼地, 地下水条件较好的地方有胡杨、红柳、芦苇、盐爪爪、盐穗木、苔草等中生和盐生植物生长。绿洲灌溉耕地为棉花、小麦、玉米等人工植被。地带性土壤为棕漠土, 并有盐盘石膏棕漠土。灌溉绿洲上

出现灌耕土,低洼地段形成盐土、草甸沼泽土、草甸土,低山丘陵上为山地棕漠土。

表 1—7 是甘肃河西地区土地利用现状构成。从表中可见耕地占总土地面积的 0.93%—13.17%,平均为 3.76%;草地占总土地面积的 12.75%—50.77%,平均为 29.54%;林地占总土地面积的 0.48%—8.61%,平均为 3.02%;园地占总土地面积的 0.01%—0.08%,平均为 0.026%;城乡居民点及工矿用地占总土地面积的 0.71%—2.42%,平均为 1.370%;交通用地占总土地面积的 0.08%—1.26%,平均为 0.71%;水域占总土地面积的 0.58%—2.32%,平均为 0.71%;未利用地占总土地面积的 32.35%—76.76%,平均为 61.34%。考虑到草地中约有 2/3 为半荒漠草地,再加上未利用土地,则绿洲用地小于总土地面积的 1/4,真正的耕地面积仅为 7.42%。

河西走廊 3 地区林地面积 83.43 万 ha,其中,甘肃省的防护林 27.03 万 ha,主要分布在河西走廊的三大绿洲系统所在地,草地面积 815.82 万 ha,其中,温性草原类主要分布在祁连山北坡浅山丘陵地区、阿尔金山山地中上部,海拔多在 1200—2700m。主要牧草有长芒针茅、克氏针茅、大针茅、短花针茅、扁穗冰草、冷蒿、猪毛蒿、达乌里胡枝子、百里香。这类草地平均亩产鲜草 129kg。温性荒漠草原类分布在低山山地和山前丘陵地带,海拔多在 1500—2300m。主要植物种有短花针茅、灌木亚菊、猪毛蒿、碱蒿、驴驴蒿、甘草、木紫菀、骆驼蓬,亦有红砂、黑柴、黄毛头等荒漠植物出现。平均亩产鲜草 100kg。温性草原化荒漠主要分布在河西走廊北山山地,祁连山北坡的坡麓地和石羊河流域滩地,海拔多在 1500m 左右。主要植物种有梭梭、柠条锦鸡儿、红砂、刺叶柄棘豆、珍珠、黑柴、黄毛头、沙生针茅、短花针茅、蒙古蒿、碱柴等。平均亩产鲜草 61kg。温性荒漠类主要分布在河西走廊山前冲积、洪积平原,北山山前剥蚀浅丘,祁连山、阿尔金山山麓,海拔多在 1000—1500m 左右。植被以旱生、超旱生的灌木、半灌木及多年生、1 年生的沙生草本植物组成,主要有唐古特白刺、黑柴、红砂、霸王、梭梭、盐爪爪、戈壁细柄茅、刺旋花、膜果麻黄、短舌菊、松叶猪毛菜等。草地平均亩产鲜草 61kg。高寒荒漠主要分布在祁连山中段,海拔 3800m 以上的高山地区。牧草生长低矮稀疏,组成植物主要有唐古特风毛菊、拳莴、甘肃龙胆、红景天、甘肃蚕缀、水田雪莲等。草地平均亩产鲜草 20kg。高寒草原类主要分布在祁连山西端、阿尔金山北坡,海拔 3400m 以上的高寒山地。植物种群单调,主要有:紫花针茅、扁穗冰草、芨芨草、高山紫菀、紫云英、垫状驼绒藜。平均亩产鲜草 103kg。低平地草甸类主要分布在河流两岸及绿洲边缘潮湿滩地及河谷一级阶地。主要植物种有:芦苇、拂子茅、小香蒲、赖草、花柴、芨芨草、马兰、胀果甘草、怪柳、骆驼刺等。平均亩产鲜草 298kg。沼泽类主要分布在河西走廊高平原的河谷、低洼地,祁连山地的山间盆地。主要植物种有:芦苇、拂子茅、小香蒲、赖草、裸果扁穗苔草、甘肃蒿草、海韭菜等。平均亩产鲜草 422kg。

在河西走廊绿洲外围的荒漠、半荒漠、戈壁、沼泽及盐碱地,栖居鸟类 136 种和亚种,其中古北界的 82 种,东洋界的仅 5 种,两界兼有 49 种,多为荒漠、半荒漠类型鸟类,如沙百灵、角百灵、凤头百灵、沙鸡、漠雀、毛腿沙鸡等;哺乳动物大约 50 种,小型啮齿类特多,特有种有野骆驼、蒙古野驴、盘羊、北山羊、黄羊等,野马已经在这一地区灭绝。祁连山地区栖息鸟类有 131 种和亚种,其中古北界 79 种,东洋界 10 种,两界兼有 42 种,有蓝马鸡、血雉、淡腹雪鸡、暗腹雪鸡、斑尾榛鸡、三趾啄木鸟、黑啄木鸟等;哺乳动物有 58 种,有野牦牛、白唇鹿、野驴、盘羊、马麝、雪豹、岩羊等,还有野骆驼。

河西走廊国家级自然保护区有祁连山自然保护区,位于酒泉、张掖、武威、金昌市地区,位于 E97°55′—103°28′,N36°45′—39°30′,面积 47.94 万 ha,主要保护对象为水源涵养林、珍稀动植物及自然环境(1988 年 5 月由国务院批准)。省级自然保护区 11 个,它们是:安西戈壁荒漠

表 1-7 甘肃河西地区土地利用现状构成

单位:万亩, (10<sup>4</sup> ha)

| 地市名称 | 土地总面积                 | 耕地                  |       | 园地              |      | 林地                 |      | 草地                   |       | 城镇居民点<br>工矿用地     |      | 交通用地            |      | 水域                |      | 未利用地                 |       |
|------|-----------------------|---------------------|-------|-----------------|------|--------------------|------|----------------------|-------|-------------------|------|-----------------|------|-------------------|------|----------------------|-------|
|      |                       | 面积                  | %     | 面积              | %    | 面积                 | %    | 面积                   | %     | 面积                | %    | 面积              | %    | 面积                | %    | 面积                   | %     |
| 武威地区 | 4985.71<br>(332.38)   | 656.43<br>(43.76)   | 13.17 | 2.09<br>(0.139) | 0.04 | 429.32<br>(28.62)  | 8.61 | 1598.47<br>(106.56)  | 32.06 | 72.15<br>(4.81)   | 1.44 | 21.02<br>(1.04) | 0.42 | 55.62<br>(3.77)   | 1.14 | 2149.60<br>(143.31)  | 43.12 |
| 张掖地区 | 6140.10<br>(409.34)   | 465.12<br>(30.41)   | 7.58  | 4.63<br>(0.309) | 0.07 | 447.05<br>(29.80)  | 7.28 | 3117.40<br>(207.83)  | 50.77 | 43.44<br>(2.90)   | 0.71 | 18.85<br>(1.26) | 0.31 | 57.29<br>(3.82)   | 0.93 | 1986.32<br>(132.42)  | 32.35 |
| 酒泉地区 | 28661.34<br>(1910.76) | 267.50<br>(18.43)   | 0.93  | 3.76<br>(0.251) | 0.01 | 316.17<br>(21.08)  | 1.10 | 6995.17<br>(466.34)  | 24.41 | 448.93<br>(29.93) | 1.57 | 21.79<br>(1.45) | 0.08 | 166.19<br>(11.08) | 0.58 | 20441.84<br>(1362.8) | 71.32 |
| 金昌市  | 1438.91<br>(95.93)    | 161.61<br>(10.77)   | 11.23 | 0.31<br>(0.021) | 0.02 | 58.03<br>(3.87)    | 4.03 | 501.40<br>(33.43)    | 34.85 | 17.71<br>(1.18)   | 1.23 | 8.55<br>(0.57)  | 0.59 | 10.00<br>(0.67)   | 0.70 | 681.30<br>(45.42)    | 47.35 |
| 嘉峪关市 | 194.72<br>(12.98)     | 8.16<br>(0.54)      | 4.19  | 0.16<br>(0.011) | 0.08 | 0.94<br>(0.063)    | 0.48 | 24.83<br>(1.66)      | 12.75 | 4.71<br>(0.31)    | 2.42 | 1.94<br>(0.129) | 1.00 | 4.51<br>(0.30)    | 2.32 | 149.47<br>(9.96)     | 76.76 |
| 总计   | 41420.78<br>(2761.39) | 1558.82<br>(103.92) |       | 10.95<br>(0.73) |      | 1251.51<br>(83.43) |      | 12237.27<br>(815.82) |       | 586.94<br>(39.13) |      | 72.15<br>(4.81) |      | 294.61<br>(19.64) |      | 25408.53<br>(1693.9) |       |

草地自然保护区,面积 80 万 ha,主要保护戈壁荒漠草场及珍稀动物、文化遗址,典型风蚀地貌景观(1987 年省政府批准)。玉门市于海子候鸟自然保护区,面积 2500ha,主要保护对象为候鸟(1982 年批准)。肃北县盐池湾自然保护区,面积 42.48 万 ha,主要保护对象为白唇鹿、野牦牛、野驴等珍稀动物及山地混合草原寒漠生态系统(1982 年批准)。阿克塞县小苏干湖自然保护区,面积 850 ha,主要保护对象为候鸟、湖泊、湿地环境(1982 年批准)。阿克塞大苏干湖自然保护区,面积 350 ha,主要保护对象为候鸟、湖泊、湿地环境(1982 年批准)。阿克塞县安南坝自然保护区,面积 39.60 万 ha,主要保护对象野骆驼、野驴等以及荒漠草原生态系统(1982 年批准)。张掖市东大山自然保护区,面积 4.92 万 ha,主要保护对象为山地综合森林和森林草原生态系统以及雪豹、岩羊等珍稀动物(1980 年批准)。古浪县昌岭山自然保护区,面积 370ha,主要保护对象为荒漠、青海云杉林及相应生态系统(1980 年批准)。民勤连古城自然保护区,面积 1.40 万 ha,主要保护对象天然沙生树种种源库(1982 年批准)。武威沙生植物保护区,面积 850ha,主要保护对象为沙生植物(1986 年批准)。武威市甘肃濒危动物繁育中心,面积 1.82 万 ha,主要保护对象为濒危野生动物(1987 年批准)。

河西走廊的矿产资源丰富而多样,石油分布在玉门,煤分布于走廊南北两侧。在北山地区主要有火山热液型铁矿,斑岩型铜矿,矽卡岩型铜矿、铁矿,层控型铅锌矿以及沉积型磷矿和热液石英脉型金矿。在北祁连山区主要有沉积变质铁矿、火山热液型铜矿、热液型钨钼矿以及岩浆型铬矿等。龙首山区主要有岩浆熔离型铜镍矿,沉积变质铁矿以及磷矿、铀矿、膨润土矿等。

玉门油区的油田 7 个,探明储量为 1052.9 万 t,含油面积 62.7km<sup>2</sup>。它位于酒西盆地,主要生油层为侏罗-白垩系地层。成油组合有白垩系自生自储岩性油藏、志留系新生古储的基岩裂隙油藏及第三系的古生新储油藏。已开发油田 5 个,即老君庙、鸭儿峡、石油沟、白杨河、单北油田。

河西走廊煤储量占全省总储量的 12.43%,主要形成于上石炭、上三叠世与侏罗世。上石炭统太原群的煤主要分布在武威、张掖地区,岩性为黄褐、深灰色砂岩、泥岩、灰岩、粘土及煤层,属海陆交互相沉积,厚度>543m。主要焦性煤产地有山丹平坡、东水泉、花草滩、羊虎沟、永昌马营沟、马家湾,肃南县窑沟、大小肋巴等。无烟煤和贫煤产地有武威大沙沟、肃南康龙寺、灰大板、张掖酥油口等地。上三叠统南营儿群属内陆湖泊、沼泽相含煤沉积建造,岩性为灰绿、浅灰黑色细砂岩、砂质泥岩、炭质泥岩及薄煤层组成,地层厚度为 976—1452m,一般含煤性不好,分布在天祝大峨岷、西大滩、双龙等地。中侏罗统是极重要的含煤地层,属湖泊、河湖、沼泽相含煤沉积建造,上下两个层组厚度分别为 100—500m 和 67—581m。九条岭煤矿为高变质的中灰、低硫无烟煤。焦性煤有天祝炭山岭、肃北通畅口、金塔北山煤窑等地。

河西走廊的地热资源有武威盆地、酒泉盆地、安敦盆地的北部边缘断裂带南侧的低温地热水和祁连山区的地热水,如武威皇城和肃北硫磺山地区的地热水。

河西走廊的铁矿占全省保有储量的 76.14%,主要分布沿北祁连山呈北西向延伸,西起昌马、西湖泉,东至天祝向前山、华藏寺,如镜铁山式铁矿。北山与北祁连山还有铬铁矿。有色金属集中分布在金昌、北山,仅金昌的白家嘴子铜镍矿就聚集了全省的全部镍,99%的钴和 65%的铜储量,并伴生有铂族、金等 10 多种稀贵金属。白家嘴子的铜镍矿床,规模为巨大型,居世界第二位,仅次于加拿大萨德贝里硫化铜镍矿床。累计探明镍表内金属量 553.64 万 t,截至 1988 年末,保有表内储量 515.60 万 t,其中工业储量 291.65 万 t。白家嘴子的一个铜矿床的保有工业储量约占全省的 81%。另外还有钨、钴、锡、铋、钼矿分布。

河西走廊的冶金辅助原料矿产主要有菱美矿,分布在肃北别盖、金塔四道红山。白云岩分

布于肃北别盖、龙首山、马鬃山、金塔北山穿山驯、肃南夹皮沟、安西大泉、清水湾。耐火粘土分布于山丹东水泉。铸型粘土分布于嘉峪关市大草滩。萤石主要分布在永昌夹道头沟、照路沟、西石门和高台七坝泉。硅石分布在祁连山东段将军岭和龙首山。熔剂灰岩分布永昌红泉、孩田寺、肃南西沟、河洛河。

化工原料非金属矿有磷矿,分布在马房子沟、方山口、七角井子、西双鹰山、光明峡、克勒斯等地。硫及硫铁矿分布在肃北七一山。钾分布在肃北塔儿沟,钾盐分布在高台盐池、民勤苏武山,岩盐分布在高台盐池、安西头吊泉,芒硝分布在金塔沙枣园子、高台盐池、民勤西硝池、苏武山、玉门花海、敦煌、安西及阿克塞小苏打干湖等地。重晶石分布在河西地区镜铁山、双鹰山,化肥用蛇纹岩分布在肃北大道尔吉等地。另外,还有多样建材与非金属矿分布。

河西走廊各绿洲的旅游资源十分丰富,既有大漠、绿洲、冰山、湖泊、草场、林带、沙山等壮丽的自然旅游资源;更有古丝绸之路上的众多人文旅游资源。按旅游资源分区可划分为四大旅游区为:敦煌旅游区,是全省的“龙头”旅游区,包括10个主要景点。莫高窟又名千佛洞,位于敦煌县城南25km的沙漠绿洲之中,它由550个石窟组成,建于前秦建元二年(公元前366年),现存壁画45000多 $m^2$ ,彩塑佛像2415身。堪称世界艺术史上的奇迹。榆林石窟又名万佛洞,位于安西榆林河谷两侧的砾岩上,目前保存41窟,创建于十六国时期,现存唐代到元代800多年间的壁画1000多 $m^2$ ,彩塑佛像1000多身,它是莫高窟的一个分支,敦煌艺术的组成部分,具有宝贵的历史价值。阳关位于敦煌西南70km处,是“丝绸之路”在莫高窟以北分支后,南线上的一个关隘。现仅残留一古烽火台“古董滩”。玉门关位于敦煌西北75km处,是汉武帝开辟河西“列四郡,据两关”中之一关,另一关即阳关。出玉门关是新疆的库穆塔格沙漠,现存小方盘城的小土方城。“天马”(“天马”为敦煌县产的良种马)产地黄水坝位于敦煌市西南,通过山岗上的烽火台,便到沙丘埋没的古城、寿昌城,汉代称龙勒县,唐代改此名。在滚滚黄沙吞噬着83000 $m^2$ 古城的附近有四股泉水流出形成南湖绿洲。因用石栏截成湖,此坝称黄水坝,此湖称渥洼池为《汉书》、《资治通鉴》出典故的天马出现之地。鸣沙山位于敦煌城南5km处,为连绵起伏的沙山,东西长40多km,南北宽20km,最高峰250m。月牙泉在敦煌城南7km鸣沙山山麓,古称沙井,俗名药泉,形如月牙形洁月,故称月牙泉。另外还有沙洲古城遗址,河仓古城、敦煌博物馆等旅游点。

嘉酒旅游区具有雄伟古长城、古建筑与戈壁绿洲等自然风光相结合的特色,有建于明洪武五年(公元1372年)的嘉峪关城楼,它是万里长城西端的重要关口,南濒万年积雪的祁连山麓,北依连绵起伏的马鬃山,地势险要,巍峨宏伟。黑山石刻位于嘉峪关市西北约20km的峡谷中,画像石刻散布于悬崖陡壁上,一共30余处,绵延1km。图画内容大体分操练、骑射、狩猎、舞蹈、飞禽走兽和鱼虫等,乃羌族、大月氏与匈奴族早期的文化遗存作品。魏晋壁画墓位于嘉峪关市东北20km的新城戈壁滩上,古墓数以百计。1972年发掘8座,其中6座是壁画墓,共存壁画600多幅,与敦煌石窟中早期壁画比较,有不少相似之处。另外还有酒泉城内的泉湖公园、夜光杯厂、酒泉钟鼓楼等。

张掖旅游区为“丝绸之路”南路与北路的汇合处,既有文物古迹,又有草原牧场风光。张掖大佛寺建于西夏永安元年(公元1098年)又名宏仁寺,俗称卧佛寺,旧名迦叶如来寺。寺内大佛身长34.5m,肩宽7.5m,为中塑释迦牟尼涅槃像。张掖木塔寺位于城南,建于隋开皇二年(公元582年),塔高32.8m,共9层。高台烈士陵园(位于城东南1km),是为纪念高台战役中壮烈牺牲的红军指战员,于1956年修建的。

武威旅游区为历史上“五凉”建都之地,文物丰富,寺庙、碑文著名。有武威钟鼓楼、文庙、西

夏碑、武威雷台、海藏寺等。其中,1969年10月在武威雷台出土的“马踏飞燕”,是东汉(约公元25—220年)无名艺术匠师的一件杰作。现将这一图案作为中国旅游的标志。

绿洲的人口是绿洲系统的重要组成。根据第四次全国人口普查资料,有关河西走廊绿洲人口的资料,列入表1—8和表1—9。整个河西地区面积27.4万 $\text{km}^2$ ,占全省面积的60.4%,但

表1—8 河西各地、州、市人口分布

| 地 区   | 人口(万人)  | 占全省总人口(%) | 人口密度(人/ $\text{km}^2$ ) | 绿洲人口密度(人/ $\text{km}^2$ ) |
|-------|---------|-----------|-------------------------|---------------------------|
| 武威地区  | 166.9   | 7.46      | 50.22                   | 200.88                    |
| 张掖地区  | 115.1   | 5.15      | 28.13                   | 112.52                    |
| 酒泉地区  | 82.4    | 3.68      | 4.31                    | 17.24                     |
| 嘉峪关市  | 11      | 0.49      | 84.73                   |                           |
| 金 昌 市 | 38.7    | 1.73      | 40.36                   | 161.44                    |
| 甘 肃 省 | 2237.11 | 100       | 49                      |                           |
| 兰 州 市 | 262.4   | 11.73     | 200.55                  |                           |

表1—9 1990年人口普查地区的主要数据分布

| 地 区 | 总人口数<br>(人) | 市镇人口<br>(人) | 乡村人口<br>(人) | 出生率<br>(‰) | 死亡率<br>(‰) | 自然<br>增长率% | 每万人中各文化程度的人数(人) |      |      |      | 15周岁以上<br>文盲、半<br>文盲(%) |
|-----|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-----------------|------|------|------|-------------------------|
|     |             |             |             |            |            |            | 大专以上            | 高中   | 初中   | 小学   |                         |
| 武 威 | 1669319     | 184398      | 1484921     | 22.80      | 6.23       | 16.57      | 55              | 746  | 1961 | 3851 | 18.53                   |
| 张 掖 | 1151423     | 133498      | 1017925     | 21.87      | 6.62       | 15.25      | 73              | 804  | 1925 | 3632 | 20.43                   |
| 酒 泉 | 824330      | 266346      | 557984      | 18.51      | 5.73       | 12.78      | 132             | 1264 | 2610 | 3416 | 13.58                   |
| 嘉峪关 | 109985      | 109985      |             | 13.15      | 3.55       | 9.60       | 325             | 1941 | 3295 | 2592 | 9.87                    |
| 金 昌 | 387158      | 199390      | 187768      | 19.91      | 4.72       | 15.19      | 162             | 1065 | 2467 | 3055 | 19.77                   |
| 兰州市 | 2624352     | 1688630     | 935723      | 19.0       | 5.38       | 13.62      | 305             | 1733 | 2588 | 2672 | 13.04                   |

人口仅占全省的18.52%(414.2万人),人口密度每平方公里15人。河东面积18万 $\text{km}^2$ ,占全省面积的39.6%,但集中了全省81.48%人口(1822.9万人)。上述对比没有区分河西地区的绿洲与戈壁、沙漠,由于在沙漠、戈壁生活上的人口微小得可以不考虑,因此,必须按绿洲利用土地一般小于总土地面积25%的上限来研究人口的分布,将更具有实际意义。将河西总面积的25%来计算人口密度,则每平方公里61人;如将绿洲耕地与主要牧地、城镇用地按总土地面积10%来计算人口密度,则每平方公里151人。实际上,武威绿洲、金昌绿洲的人口密度已达200—161人/ $\text{km}^2$ ,远远超过河东平均人口密度101人/ $\text{km}^2$ ,接近兰州市的人口密度。这种研究绿洲人口分布的计算方法,可以进一步精确化,就是粗略的对比,也使人们可以清醒地认识到,绿洲人口密度已经很高了,不能使其负载量毫无节制的增加,更不能以河西总的人口密度的概念来考虑绿洲的承载力。就人口的文化层次分析,每万人中高中以上文化程度占有的人数是:嘉峪关2266人,酒泉1396人,金昌1227人,张掖877人,武威801人,兰州市2038人。说明农牧绿洲人口的文化层次较低,工矿绿洲人口的文化层次较高,个别工矿绿洲的文化层次还超过了大城市兰州的水平。就人口自然增长率而言,农牧绿洲却接近或超过大城市的水平。除个别工矿绿洲以外,文盲、半文盲的百分比,都是绿洲超过大城市。

绿洲的城镇发展较早,分布比较集中,除少数工矿城镇以外,大多集中分布在条件较好的绿洲上。属省辖市的有嘉峪关市,金昌市。属地辖市的有玉门市、酒泉市、张掖市、武威市与敦煌市。武威地区设民勤县、古浪县、天祝县。张掖地区设山丹县、民乐县、临泽县、高台县、肃南县。酒泉地区设金塔县、安西县、肃北县、阿克塞县。

## 第二章 绿洲系统机制

### 第一节 绿洲系统机制的内涵

按前述自然、经济与社会集合模型的理解,绿洲系统机制是指内部各组元之间存在的复杂的反馈机制,即内部各组元之间通过物质、能量和信息流( $\Sigma D$ ),进行的相互渗透和相互作用。在  $N \triangle \rightleftharpoons E \triangle; N \triangle \rightleftharpoons S \triangle; E \triangle \rightleftharpoons S \triangle$  3 组相互反馈作用过程中,不协调状态、自流状态将使系统趋向熵增、无序与退化状态;协调并合理规划开发将使系统趋向负熵,有序与进化状态。这里所说的协调与否;自然与合理规划开发是指内部各组元之间的物质、能量、信息的交流作用是否处于动态的、良性的循环与平衡状态。为此,要研究绿洲的各类物质、能量、信息流的平衡,像水热平衡,节水系统平衡,水土资源平衡,产业结构与产投平衡,资源、经济社会供需平衡等。

另外,绿洲系统机制还指绿洲系统与外部条件之间存在的开放调节机制,即绿洲与外部各环境之间( $\Sigma C$ ),通过物质、能量和信息流( $\Sigma D$ )进行的相互渗透和相互作用;还受上级领导的指令与市场经济涨落的影响。孤立封闭状态将使绿洲系统趋向熵增、无序与退化状态;坚持开放并调节与外部各方面的关系,可使绿洲趋向负熵、有序与进化状态发展。绿洲系统的熵变化  $ds$  等于系统内部熵的增加  $d_i s$  与系统外界进行物质、能量、信息交流( $\Sigma D$ )引起的熵变化  $d_e s$  的代数。

$$ds = d_i s + d_e s$$

按热力学第二定律  $d_i s \geq 0$ ;但开放可能有  $d_e s < 0$ ,且可能有  $d_e s > d_i s$ ;从而绿洲系统的总熵不增加,而是减少,即表明系统走向有序,实质是进化。对绿洲单元而论,

$$ds = dq/T$$

考虑到热力学第一定律

$$dq = dU + PdV \quad \text{可得}$$

$$Tds = dU + PdV$$

上式包含的全为状态函数,因此,3 个变量都是全微分,当元量物质从状态 1 达到状态 2 时,其熵的变化是:

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 dq/T$$

在探讨绿洲系统熵变时,我们令

$$dq = d(\Sigma D + \Sigma C);$$

$$T = \Sigma D / \Sigma P_i$$

其中, $\Sigma D$  可换算成能量或资金单位来计算; $T$  则成为平均每人所占有的数值。我们可以从经济、社会和环境效益的变化去衡量绿洲的熵变。

按照前述自然与人文集合模型的理解,绿洲系统机制是绿洲自然地理子系统与人文地理子系统之间物质、能量流的交换与相互反馈作用。自然地理子系统内有通过水热循环与平衡、碎屑物质循环与平衡和营养物质与能量循环与平衡联结起来的复杂过程。人文地理子系统内有经济元与社会元之间相互反馈作用的复杂过程。自然与人文两子系统之间通过资源流、生产

流、信息流、价值流与人口增殖流的交流与相互反馈作用密切联系起来。因此,研究绿洲系统机制必须研究干旱自然地理条件下,绿洲的水热循环与平衡的过程和反应;必须研究绿洲地带,从山地、绿洲到沙漠戈壁的局地碎屑物质循环与平衡过程和反应;必须研究绿洲营养物质、能量的循环与平衡过程和反应。同时,要研究绿洲经济、社会之间的供需平衡过程和反应。

按照前述人口、资源、环境与发展集合模型的理解,绿洲系统机制是以人口、经济社会发展为一主要方面,即广义的“人”的方面和以资源环境为另一主要方面,即广义的“地”的方面,二者之间相互反馈作用的过程,也就是人地相互反馈作用过程。它主要研究资源流、生产流与人口增殖流的交互作用;产出与投入的协调;生产与人口增长的协调。

总之,各种理解绿洲系统机制的共同之处,在于强调研究绿洲系统各组成部分之间通过物质、能量、信息流的相互作用过程及反应,力争协调这些过程,争取在生态、经济与社会效益上获得良好的反应,这些思路是与可持续发展战略完全一致的。可持续发展战略的中心是可持续性,它要求环境遭到人类造成的干扰后,能恢复、维持其生产能力,实际上,也就是要协调人地关系,达到生态平衡与良性循环。

## 第二节 绿洲系统内部反馈机制

绿洲的生态平衡是绿洲在沙漠、戈壁环境中存在的基础,首先要保持绿洲节水系统平衡。绿洲供水、需水、存贮水和输出水之间必须保持平衡,水的净收入必须与开发的农、林、草、牧、渔、土地及人、畜、工业、事业等多项用水相平衡。如果在有限的绿洲上盲目垦荒扩大耕地,过量兴建工业,增加人口,势必出现需水超过供水和广种、薄收、低效益的恶化状态。因此,必须加强绿洲节水系统的监控、研究与规划。

绿洲节水系统包括绿洲灌区宏观节水系统、农田灌溉节水系统和旱作农牧地节水系统三大部分。绿洲宏观节水系统由水资源的供应、需要、存贮与输出相互反馈作用,共同运转组成,其组成、变元见表 2—1。

表 2—1 绿洲灌区宏观节水系统

| 总系统          | 一级系统                       | 二级系统   | 三 级 系 统                         | 变 元                               |
|--------------|----------------------------|--------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 绿洲灌区宏观节约用水系统 | $\sum_{i=1}^n I_i$<br>供水   | 水源     | 山区降水、冰雪、地表水、地下水、源地植被、农、林、牧、工、矿业 | 降水量、冰雪面积、消融、供水量、植被与经济发展状况         |
|              |                            | 输水     | 水工建筑、水管机构                       | 渠长、面积、衬砌率、有效利用系数、技术力量、管理制度、防渗、防冻胀 |
|              |                            | 蓄调水    | 水库、塘坝                           | 有效库容、计划管理、综合利用                    |
|              | $\sum_{i=1}^n R_i$<br>需水   | 农业用水   | 灌溉、种植                           | 面积、方式、定额、作物布局、比例、灌溉制度             |
|              |                            | 林草牧业用水 | 林业灌溉草牧用水                        | 面积、方式、定额<br>面积、方式、定额、牲畜类别、头数      |
|              |                            | 工业用水   | 重工业、轻工业                         | 类型、配置、定额                          |
|              |                            | 事业用水   | 机关、旅游                           | 类型、布局、定额                          |
|              |                            | 生活用水   | 城镇、乡村                           | 人口、布局、管理、定额                       |
|              | $\sum_{i=1}^n S_i$<br>存贮水  | 土壤贮水   | 沙土、沙壤土、粘土                       | 土壤性质、结构、水势、田间持水量、渗漏率              |
|              |                            | 水库存水   | 水库、塘坝                           | 有效库容、计划管理、防渗蒸散                    |
|              |                            | 作物含水   | 粮食作物、经济作物                       | 作物含水率、干物质产量                       |
|              | $\sum_{i=1}^n OP_i$<br>输出水 | 蒸散耗水   | 蒸发、蒸腾                           | 库渠水面积、蒸发量、耕地、作物、林草面积、蒸散           |
|              |                            | 渗漏耗水   | 库、渠、土地渗漏                        | 渗漏率、防护措施                          |
|              |                            | 径流排水   | 自然径流、库渠排放、经济生活排放                | 径流深度、排放量、季节、余废水量、处理措施             |

绿洲灌区宏观节水系统的水平衡可表达为下列公式:

$$\sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n R_i + \sum_{i=1}^n S_i + \sum_{i=1}^n OP_i \quad (1)$$

式中  $\sum_{i=1}^n I_i$  为输入绿洲的水量,

$$\sum_{i=1}^n I_i = I_c + I_w + I_r \quad (2)$$

式中  $I_c$ : 为河流总干渠引水量;  $I_w$ : 为泉水总量(不计重复出露部分);  $I_r$ : 为年降水量(量少, 应用有效性差时, 可忽略不计)。

式(1)中  $\sum_{i=1}^n R_i$  为绿洲需水量,

$$\sum_{i=1}^n R_i = R_a + R_f + R_l + R_b \quad (3)$$

式(3)中  $R_a$ : 为广义农业需水(农、林、牧、渔);  $R_f$ : 为工业需水;  $R_l$ : 为生活需水;  $R_b$ : 为事业需水。

式(1)中  $\sum_{i=1}^n S_i$  为绿洲存贮水量,

$$\sum_{i=1}^n S_i = S_r + S_s + S_d + S_p \quad (4)$$

式(4)中  $S_r$ : 为水库、塘坝贮水;  $S_s$ : 为土壤有效含水量;  $S_d$ : 为土壤深层渗漏贮水;  $S_p$ : 为作物贮水。

式(1)中  $\sum_{i=1}^n OP_i$  为绿洲输出水量。

$$\sum_{i=1}^n OP_i = OP_w + OP_a + OP_c + OP_b + OP_d \quad (5)$$

式(5)中  $OP_w$ : 为库、塘、渠面蒸发;  $OP_a$ : 为农用土地蒸散;  $OP_c$ : 为渠系渗漏;  $OP_b$ : 为潜基流;  $OP_d$ : 为城乡排放余废水。

以文献记载党河流域下游的敦煌绿洲为例, 按绿洲灌区宏观节水系统进行过简略分析, 敦煌绿洲的有关供应、需要、存贮、输出水量的计算值如下:

$$\sum_{i=1}^n I_i = I_c + I_w = 25870 + 2369 = 28239 \times 10^4 \text{m}^3$$

$$\sum_{i=1}^n R_i = R_a + R_f + R_l = 14321 + 9.13 + 287.5 = 14617.6 \times 10^4 \text{m}^3$$

$$\sum_{i=1}^n OP_i = OP_w + OP_a + OP_c = 2756 + 6674 + 12871 = 22301 \times 10^4 \text{m}^3$$

$$OP_c = 12871 \times 10^4 \text{m}^3. \text{推算出灌溉定额为 } 497 \text{m}^3/\text{亩}.$$

除了计算绿洲灌区宏观节水系统的平衡外, 还应注意区域分配均衡。由于人类开发利用, 首先出现的是天然内陆水系变成灌溉渠系; 河流不再汇入湖泊或少量流入湖泊。结果是汇合式水系变成辐散、分支的渠系, 湖泊干涸或水量减少。如历史上党河流入疏勒河下游, 北大河流入黑河, 金川河流入石羊河, 现在均各自形成独立的干、支、斗、农人工渠系。历史上河西走廊三大水系的终端都存在较大的湖泊, 如疏勒河的哈拉湖; 黑河的嘎顺诺尔和索果诺尔。由于上游用水量增加, 湖水补给来源减少, 在强烈蒸发作用下, 水面日益萎缩和干涸。由于内陆河中上游的高位绿洲的地势较高, 开发的土地条件较好, 因此, 人为开发活动强烈, 上中游用水比例大大增加。如石羊河上下游用水比例, 50—60年代为 1:0.57, 70年代为 1:0.27。黑河流域正义峡以下断流的平均天数已由 50年代的 51天上升到 80年代的 80天。疏勒河下游注入安西盆地的径流量也呈逐年下降趋势, 如进入双塔水库的泉水 80年代初比 60年代初, 约减少 24%。据