

The Coupling Coordination Degree Study of Settlement and Land and Water Resources Based on Irrigation District

—A Case Study of Zhangye Oasis

Lucang Wang, Jin Gao, Rongwei Wu

College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou Gansu
Email: wanglc007@nwnu.edu.cn

Received: Nov. 25th, 2015; accepted: Dec. 18th, 2015; published: Dec. 21st, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Multiple subsystems are interdependent as well as independent, forming a mutually complementary relationship, which has a coupling relationship. The coordination is a measure of the degree of harmony between the degree of system or internal elements in the development process, which embodies the system from disorder to order trends. In modern oasis, within the human-water-soil system composed of human being, water and soil resources, there exist close relations and interactions among the system's elements. Based on the data of human-water-soil system in Zhangye irrigation districts, as well as the second land survey database of Zhangye city, we constructed human-water-soil comprehensive evaluation function, and then used the model of coupled degree and coupled coordination degree to calculate each degree of human-water-soil system in Zhangye irrigation. The result showed that: in 29 irrigation units of Zhangye oasis, coupling degree can be divided into four categories. The average of coupling degree about human and water, soil resource is 0.714 for the high level of coupling stage, but the distribution of coupling degree is significantly different. Region in highly coupling degree is mainly distributed in some typical core areas of the oasis and is almost distributed along the Heihe River; region in the run stage is mainly distributed in the hillside irrigation or edge of oasis irrigation and relies on large tributaries. Water has a certain level of assurance. Irrigation in antagonistic stage is mainly located in the territory of Zhangye Heihe River downstream outlying areas; low coupling region is distributed in the more independent Sunan irrigation region. The spatial distribution characteristics about human-water-soil system of the degree of coordination and coupling are essentially similar, but slightly different in Zhangye irrigation unit. The degree of coordination falls into four general categories: extremely coordinated, highly coordinated, moderately coordinated and low coordinated. Extreme coordinated irrigation districts are mainly distributed along the Heihe River mainstream. Those irrigation districts are typical oasis-irrigated farmlands. High coordinated irrigation districts are dis-

tributed in the edge of the oasis irrigation districts and partial hillside irrigation districts; moderate coordinated irrigation districts are mainly distributed around the high coordination areas, including Laojunhe, Mayinghe, Shahe and Suyoukou irrigation districts which rely on the substantive river. Low coordinated irrigation districts are typical independent irrigation districts in Sunan. Accordingly, the 25 irrigation districts of Zhangye can be divided into four types: the human-water-soil harmonious areas, namely high coupling and high coordination areas; human-water-soil run-in areas, namely high coupling and low harmonious areas; human-water-soil antagonistic areas, namely middle coupling and low harmonious areas and human-water-soil low coupling areas, namely low coupling and low harmonious areas.

Keywords

Irrigation District, Human-Water-Soil Systems, Coupling, Coordination Degree, Zhangye Oasis

基于灌区尺度聚落与水土资源耦合协调度研究

—以张掖绿洲为例

王录仓, 高 静, 武荣伟

西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州

Email: wanglc007@nwnu.edu.cn

收稿日期: 2015年11月25日; 录用日期: 2015年12月18日; 发布日期: 2015年12月21日

摘 要

多个两个相近相通, 又相差相异的系统, 不仅有静态的相似性, 也有动态的互动性, 即具有耦合关系。协调度是度量系统或系统内部要素之间在发展过程中彼此和谐一致的程度, 体现了系统由无序走向有序的趋势。在现代绿洲, 水-土-人-经系统存在着高度的共生性和相互依存性。论文基于张掖市第二次土地调查数据, 构建了适合于绿洲灌区的测评指标体系, 综合应用耦合度模型、协调度模型, 对张掖绿洲29个灌区的聚落与水土资源之间的耦合协调度进行了分析。结果表明: 张掖绿洲29个灌区单元中, 耦合度可划分为高度耦合、磨合、拮抗、低度耦合四类, 聚落和水、土资源耦合度耦合度平均值为0.714, 为高水平耦合阶段, 但空间差异明显。高度耦合灌区主要分布在部分典型的绿洲核心区, 基本沿黑河干流分布; 处于磨合阶段的地区主要分布在沿山灌区, 或绿洲边缘灌区, 但基本上都有径流量较大的支流, 水资源有一定的保证程度; 处于拮抗阶段的灌区主要分布在张掖境内黑河干流下游的外围地带; 低度耦合灌区, 主要是肃南皇城灌区和明花灌区, 属于更典型的独立灌区。灌区人-水-土系统协调度的空间分布格局与耦合度分布格局基本类似, 同样可划分为极度协调、高度协调、适度协调、低度协调四类, 但略有不同, 其中, 极度协调灌区主要分布黑河干流流经的典型绿洲灌区; 高度协调地区主要分布绿洲边缘和少部分沿山灌区; 适度协调地区分布在依托独立水系(老军河、马营河、沙河、苏油口河)形成的沿山灌区; 低度协调区主要分布在肃南更典型的独立灌区。综合各灌区单元的耦合度与协调度, 对张掖绿29个灌区单元进行分类, 将其分为4个类型区: 高耦合高协调地区、磨合区(即高耦合低和谐地区)、拮抗区(即中耦合低和谐地区)和低耦合低和谐地区。

关键词

灌区, 人-水-土系统, 耦合度, 协调度, 张掖绿洲

1. 引言

耦合最初来自于物理学,指两个或两个以上的系统通过相互作用而彼此影响以致协同的现象,包括非直接耦合、控制耦合、公共耦合等形式。耦合的内涵包括关联性:指各子系统(组元)是相互关联的,封闭的、缺少要素流动的系统无法形成耦合;整体性:即参与耦合的各子系统的耦合元素按照一定的需要进行排列组合后可以形成一个新的系统,各元素具有自组织能力,耦合要素以自然关联和自由流动为原则;协调性:即参与耦合的各子系统的耦合元素能突破原来的系统组织,形成一个协同合作、优势互补的良性系统。协调性是度量系统或(子系统)之间在发展过程中彼此和谐的程度,体现了系统由无序走向有序的趋势。前者突出的是系统(子系统)之间相互作用程度的强弱;后者强调的是系统(子系统)相互作用中耦合程度的大小,体现了协调状况好坏程度[1]。Lerie Illingworth 借鉴物理学中的容量耦合(capacitive coupling)概念率先建构了耦合系数模型[2],其后,该研究范式逐渐延伸到生态、经济、社会领域。吕小庆以耦合协调模型为基础,以河流这一单维资源作为约束条件来反映河流对社会、生态环境和经济的贡献和影响以及经济社会发展对河流承载力的作用,从一个侧面来表征河流与社会、生态环境和经济的协调发展特性[3],曹诗颂利用遥感定量测量的方法,证实秦巴特困连片区大部分区域生态资产与经济贫困存在较高的耦合度,二者之间存在显著的共生关系[4],李静怡同样发现吕梁地区生态环境质量与经济贫困存在着较高的耦合性[5],李娜从时空角度对辽宁沿海经济带城市化与水资源的耦合协调度进行了分析[6],张卡分析了辽宁省近 12 年来水土资源经济系统的演进态势,发现社会经济-水资源-土地资源系统之间的耦合协调度较低[7],阿尔祖·艾买尔发现新疆克里雅河绿洲经济发展和生态环境的耦合关联程度在逐渐上升且耦合协调度的增长趋势在逐渐增加[8],角媛梅研究发现绿洲居民聚集度高,与耕地和灌渠关系密切[9][10]。这些研究,站在流域尺度(宏观)或从绿洲尺度(中观),从水资源、生态、经济、人口视野和视域切入,得出了富有启迪的结论,但并没有触及绿洲最基本的组成单元——灌区,使得某些结论往往无法“细致入微”,操作性受到一定伤害;面对灌区尺度时,研究主题又聚集在“灌溉”上,集成性较差;综合性的研究,虽然对聚落-灌渠-路网之间的耦合关系进行了诠释,但并没有对等级规模进行解读。

因此,必须从微观格局-微观过程-微观机制的耦合关系中探讨灌区聚落体系形成和发展规律;分析不同类型灌区聚落体系的空间分布格局,探究质点体系(居民点)-域面体系(灌区和水浇地)-廊道体系(灌渠)之间的耦合关系。

2. 研究区概况

张掖现有 39 个灌区,其中甘州区 8 个(大满、安阳、上三、花寨子、甘浚、西干、乌江、盈科),临泽县 8 个(平川、新华、板桥、沙河、倪家营、蓼泉、小屯、鸭暖),高台县 8 个(新坝、六坝、大湖湾、罗城、红崖子、三清、骆驼城、友联),民乐县 8 个(大堵麻东干、小堵麻、益民、苏油口、义得、大堵麻西干、海潮坝、童子坝),山丹县 4 个灌区(马营河、霍城、老军、寺沟),肃南县 3 个灌区(皇城灌区、明花区灌区、大泉沟灌区)(图 1)。由于这些灌区所依托的自然河流不同,又总体上可划分为黑河灌区、梨园河灌区和沿山灌区。论文将 39 个灌区整合成 29 个大灌区。

3. 数据来源与方法

3.1. 数据来源

从张掖市土地“二调”数据库中提取水浇地用地面积斑块和居民点用地面积斑块,分别表征“土地”和“聚落”;从张掖市水务局“灌区管理年报”数据库中提取渠系属性数据(长度、等级、密度等)和水资源属性数据(供水量、引水量、灌溉面积等),表征“水资源”,其它国民经济数据来源于张掖市统计年鉴。

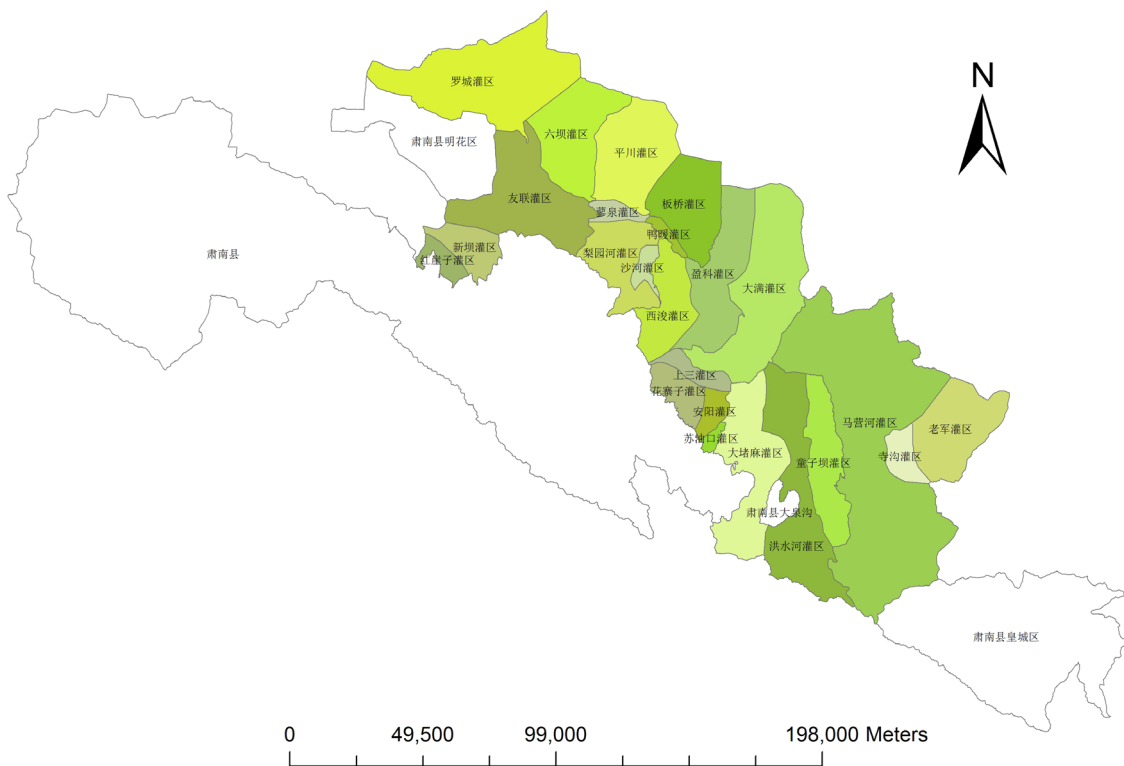


Figure 1. The distribution map of irrigation areas in Zhangye
图 1. 张掖市灌区现状分布图

3.2. 研究方法

两个相近相通，又相差相异的系统，不仅有静态的相似性，也有动态的互动性，即具有耦合关系。对具有耦合关系的系统进行引导，促进系统良性相互作用，激发两者内在潜能，从而实现两者优势互补和共同提升。系统的功能和效益(效率)是刻画耦合性和协调性的关键性因素。选取张掖绿洲 25 灌区单元为研究对象，建构评价指标体系(表 1)。

1) 功效函数

绿洲灌区水 - 土 - 人 - 经耦合系统由聚落和水资源、土地资源和经济四个子系统构成。每个子系统又由若干个指标组成。设子系统 i 有 n 个指标，分别为 x_1, x_2, \dots, x_n 。当 x_{ij} 值越大表明系统功能越好，即数值大小对系统的功效贡献为正时，称为正指标；当 x_{ij} 值越小表明系统功能越好，即数值大小对系统的功效贡献为负时，称为负指标。则绿洲灌区水 - 土 - 人 - 经耦合系统中不同指标的功效系数 d_{ij} 计算公式为：

$$d_{ij} = (x_{ij} - x_{ij\min}) / (x_{ij\max} - x_{ij\min}) \quad \text{正指标}$$

$$d_{ij} = (x_{ij\max} - x_{ij}) / (x_{ij\max} - x_{ij\min}) \quad \text{负指标} \tag{1}$$

式中： d_{ij} 为系统 i 指标 j 的功效数； $x_{ij\max}$ 为系统 i 指标 j 的最大值； $x_{ij\min}$ 为系统 i 指标 j 的最小值； x_{ij} 为系统 i 指标 j 的值。 d_{ij} 反映目标达成的满意程度， $0 \leq d_{ij} \leq 1$ 。当 $d_{ij} = 0$ 时，为最不满意；而当 $d_{ij} = 1$ 时，为最满意。

2) 子系统功效

聚落和水土资源子系统的综合功效是各系统内所有指标对该子系统的贡献的综合，可通过集成方法

Table 1. Settlement space and water, soil and the scale of resources subsystem comprehensive evaluation index system
表 1. 聚落空间和水、土地资源规模子系统综合评价指标体系

系统	指标	解释
聚落	居民点面积	反映居民点规模
	各级渠系长度	反映灌渠发达程度
水资源	渠系利用率	反映灌区渠系输水和田间灌溉用水状况，是衡量灌区从水源引水到田间作物水分利用过程中灌溉水利用程度
	引水量	反映灌渠引水能力
	耗水量	反映灌区消耗水资源的能力
土地资源	水浇地面积	反映灌区水资源的主体利用方向
经济系统	粮食作物总产	反映灌区种植结构和水资源产出效益

来实现。其计算公式为：

$$U_i = \sum W_{ij} \times d_{ij} \quad \text{其中, } W_{ij} \geq 0, \sum W_{ij} = 1, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中： W_{ij} 为子系统 i 指标 j 的权重。指标的权重是综合评价的重要信息，应根据指标的相对重要性，即指标对综合评价的贡献来确定。由于主成分分析法不仅考虑了单指标下的数据分布规律，还考虑了指标之间的信息重叠与相互干扰。因此，本文采用主成分分析法，在选用所有指标都作为主成分的前提下，利用各主成分的方差值作为权重，从而对各灌区的聚落空间和水、土地资源规模子系统进行综合评价。

3) 耦合度评价

借助物理学中的容量耦合概念及其容量耦合系数模型，推广得到多个系统的相互作用耦合度模型。

$$C = \left\{ \frac{U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n}{\prod (U_i + U_j)} \right\}^{1/n} \quad (3)$$

式中： C 为耦合度(互赖性，相互影响力)； U_i 为各子系统的综合功效。耦合度的大小由各个子系统 U_i 的大小决定。由于本文度量的由聚落空间和水、土地资源和经济规模子系统构成的耦合度模型，故 $n = 3$ 。于 U_i 的值介于 0~1 之间，由此决定了耦合度 C 值也界于 0~1 之间。当 $C = 0$ 时，耦合度极小，系统之间或系统内部要素之间处于无关状态，系统将向无序发展。当 $C = 1$ 时，耦合度最大。目前众多学者对耦合度分段方法，采用中值分段法[10]-[13]，本文根据绿洲灌区的实际，当 $0 < C \leq 0.3$ 时，表明系统处于低水平耦合阶段；当 $0.3 < C \leq 0.5$ 时，表明系统处于拮抗阶段；当 $0.5 < C \leq 0.8$ 时，表明系统进入磨合阶段；当 $0.8 < C \leq 1$ 时，系统进入高水平耦合阶段。

4) 协调度

协调度是度量系统或系统内部要素之间在发展过程中彼此和谐一致的程度，体现了系统由无序走向有序的趋势。在灌区中，由于人口与水土资源是两个不同而又相互作用的子系统，子系统内各个序参量的有序程度的“总贡献”可通过集成方法来实现。协调度模型可以更好的评判人口与土地资源交互耦合的协调程度。其计算公式为：

$$T = \alpha U_1 \times \beta U_2 \times \lambda U_3 \quad (4)$$

$$D = C \times T \quad (5)$$

式中： D 为协调度； C 为耦合度； T 为子系统协调指数，它反人 - 水 - 土系统整体协同的效应或贡献； α 、 β 、 γ 为待定权数，由于区域经济与环境同等重要，故取 $\alpha = \beta = \gamma = 0.33$ ； U_1 、 U_2 、 U_3 为子系统的

综合功效。

根据 U 数值的分布规律, 协调度 D 值也在 0~1 之间。

耦合度值和协调度值越高, 人、水、土子系统对系统的综合功效也越高, 和谐度也高, 反之亦然。由此采用中段分值法将协调度可以划分为 4 种类型: $0.1 < D \leq 0.3$ 为低度协调的耦合; $0.31 < D \leq 0.54$ 为适度协调的耦合; $0.55 < D \leq 0.74$ 为高度协调的耦合; $0.75 < D \leq 1$ 为极度协调的耦合。

4. 结果分析

4.1. 耦合度空间格局

1) 张掖市 29 个灌区单元, 按聚落和水、土资源耦合度高低, 依次划分为低度的耦合、拮抗的耦合、磨合的耦合、高度的耦合四类, 耦合度平均值为 0.714, 为高水平耦合阶段。但空间差异明显, 耦合度值在 0.20 到 0.96 之间变化, 最高的是盈科灌区(0.96), 是典型的绿洲核心灌区, 最低的是肃南明花灌区(0.2), 属于典型的独立灌区(图 2)。

2) 围绕黑河干形成的绿洲中腹灌区和沿河灌区, 其耦合度明显高于边缘区灌区, 联合灌区高于独立灌区(图 2)。人-水-土高度耦合灌区(耦合度值在 0.8~0.96 以上)主要分布在部分典型的绿洲核心区, 基本沿黑河干流分布, 包括盈科、梨园河、西浚、大满、上三、花寨、友联、洪水河、沙河、蓼泉灌区, 这些灌区土壤肥力较好, 人工渠系系统发达, 渠系利用率高, 人口分布相对密集; 人-水-土处于磨合阶段的地区(耦合度值在 0.66~0.79 之间)主要分布在安阳、大堵麻、红崖子、老军河、六坝、寺沟河、苏油口、新坝、友联、鸭暖、童子坝灌区, 这些灌区主要是沿山灌区, 或绿洲边缘灌区, 但基本上都有主要河流存在, 如大堵麻河、寺沟河、苏油口河、童子坝河等, 河流域径流量相对较大(表 2), 水资源有一定的保证程度, 因此耦合度相对较高。处于拮抗阶段的灌区(耦合度值在 0.41~0.65)主要有罗城、板桥、平川灌区, 基本上分布在张掖境内黑河干流下游的外围地带, 受上游用水“剥夺效应”的影响, 水资源相对短缺, 保证程度差, 如罗城灌区, 1998~2002 年间平均引水量仅有 $5306.06 \times 10^4 \text{ m}^3$, 有效灌溉面积仅 $0.46 \times 10^4 \text{ hm}^2$; 板桥灌区 1998~2002 年平均引水量仅有 $1378.4 \times 10^4 \text{ m}^3$, 有效灌溉面积仅 $0.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 而这些区域由于分布在过境公路和铁路沿线, 又聚集了大量的人口, 因此人-水-地关系相对紧张, 处于中等强度耦合态势。低度耦合灌区(耦合度值在 0.3 以下), 主要是肃南皇城灌区和明花灌区, 区位条件非常差, 属于更典型的独立灌区, 水资源保护程度非常差。其中明花因境内无地表水, 农业用水主要靠开采地下水灌溉, 20 世纪 50 年代和 80 年代曾修过两个塘坝(即贺家墩塘坝和南沟塘坝), 水源为泉水, 但后来都因泉水干枯无法使用。因此外于低强度耦合状态。

4.2. 协调度的空间格局

1) 张掖市 29 灌区单元, 聚落-水-土资源耦合度耦合度平均值协调度分值从 0.12 到 0.643 分布不等。按从高到低依次划分为低、最高的是梨园河灌区和西浚灌区, 最低的是肃南大泉沟灌区。

2) 张掖灌区单元人-水-土系统协调度的空间分布格局与耦合度分布格局基本类似, 但略有不同(图 3)。其中, 高度协调的地区(协调度值在 0.75~0.89 之间)有梨园河、板桥、红崖子、鸭暖、友联、西浚、盈科、大堵麻灌区, 主要分布黑河干流流经地区, 属于典型的绿洲灌区; 而适度协调地区(协调度值在 0.55~0.74 之间), 安阳、大满、洪水河、花寨、蓼泉、平川、新坝灌区, 主要分布在绿洲中腹灌区的边缘和小部分沿山灌区; 中度协调地区(协调度值在 0.31~0.54 之间), 包括老军河、六坝、马营河、沙河、上三、苏油口灌区, 除六坝灌区处, 其余基本分布在山丹县, 属独立水系形成的灌区; 低度协调区(协调度值在 0.1~0.3 之间), 包括肃南明华灌区、皇城灌区和山丹寺沟灌区, 属于更典型的独立灌区。

Table 2. Runoff of major tributaries of Heihe River Basin
表 2. 黑河流域主要支流径流量

流名称	测站名称	流域面积(km ²)	径流量(10 ⁴ m ³)
马营河	李家桥水库	1143	0.740
洪水河	双树寺	578	1.260
大堵麻河	瓦房城	217	0.890
小堵麻河	新添	101	0.190
童子坝河	扁都口	331	0.644
摆浪河	高台新地	211	0.400

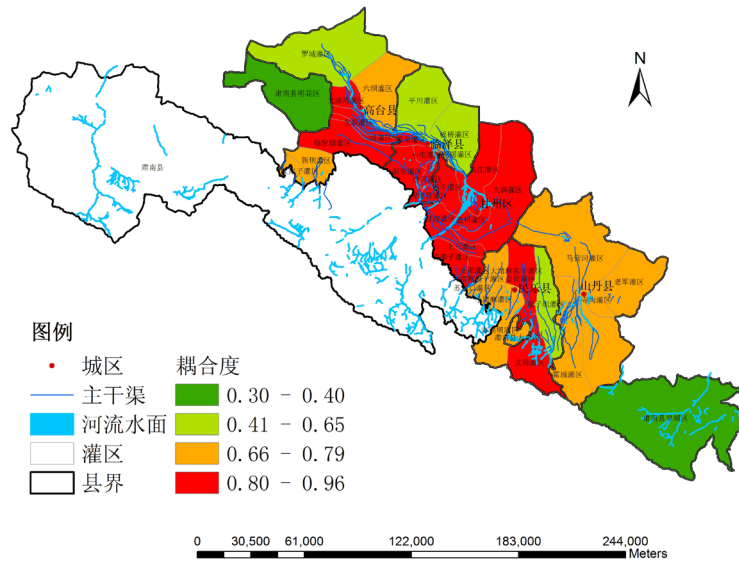


Figure 2. Coupling degree of spatial distribution
图 2. 张掖灌区水 - 土 - 人耦合度分布图

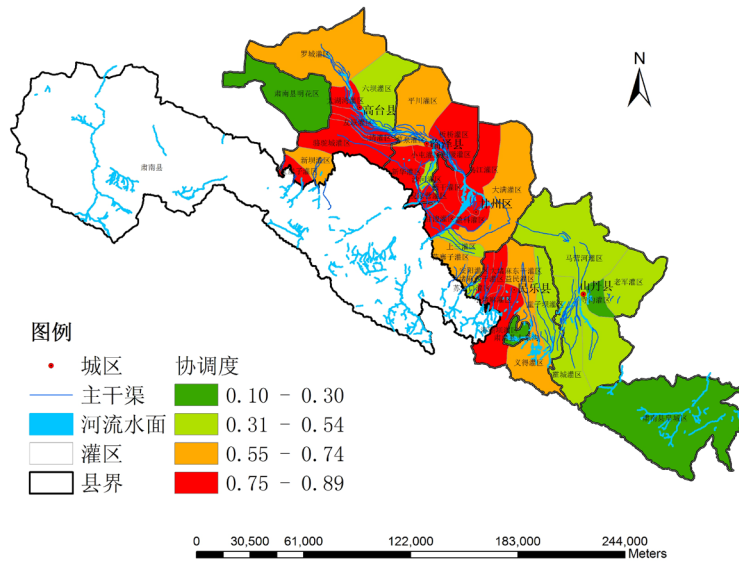


Figure 3. Coordination degree of spatial distribution
图 3. 张掖灌区水 - 土 - 人协调度分布图

4.3. 耦合 - 协调空间类型

综合各灌区单元的耦合度与协调度,对张掖绿 29 个灌区单元进行分类,将其分为 4 个类型区(图 4):

1) 人 - 水 - 土资源和谐区,即高耦合高协调地区。主要分布在黑河干流附近的沿河绿洲和典型绿洲,主要包括大满、盈科、马营河、西浚、鸭暖、友联等灌区,耦合度都在 0.8 以上,协调度在 0.5 以上。表明这些地区已经处于人 - 水 - 土资源高度耦合走向和谐的阶段。

2) 人 - 水 - 土资源磨合区,即高耦合低和谐地区。主要分布在大诸麻河、山丹河流域,这些河流尽管也是沿山独立水系,但水量相对较大,主要包括梨园河、上三、花寨、洪水河、沙河、蓼泉灌区。这些灌区单元的耦合度在 0.5~0.8 之间,协调度处于 0.3~0.5 之间。

3) 人 - 水 - 土资源拮抗区,即中耦合低和谐地区。主要分布在张掖绿洲黑河下游,受上游用水剥夺效应的影响,这些灌区用水受到一定限制,所以水土资源处在拮抗状态。主要包括六坝、苏油口、童子坝、板桥、平川、罗城等灌区。这些灌区单元的耦合度在 0.2~0.5 之间,但其协调度在 0.3 之下,属于沿山灌区和边缘灌区,大部分的区域由于地形的限制或是土壤质量的贫瘠而无法进行农业生产。

4) 人 - 水 - 土资源低耦合地区,即低耦合低和谐地区。这些地区主要肃南县的皇城灌区和明华灌区,几乎独立于黑河干流和沿山河流,区位条件差,水资源非常有限,因此水 - 土 - 人关系处于高度紧张状态。耦合度与协调度都在 0.3 以下。

5. 结论与讨论

在现代绿洲,水 - 土 - 人 - 经系统存在着高度的共生性和相互依存性。论文构建了适合于绿洲灌区的测评指标体系,综合应用耦合度模型、协调度模型,对张掖绿洲 29 个灌区的聚落与水土资源之间的耦合协调度进行了分析。结果表明:张掖绿洲 29 个灌区单元中,可划分为高度耦合、磨合、拮抗、低度耦合四类,耦合度平均值为 0.714,为高水平耦合阶段,但空间差异明显。高度耦合灌区主要分布在部分典型的绿洲核心区,基本沿黑河干流分布;处于磨合阶段的地区主要分布在沿山灌区,或绿洲边缘灌区,

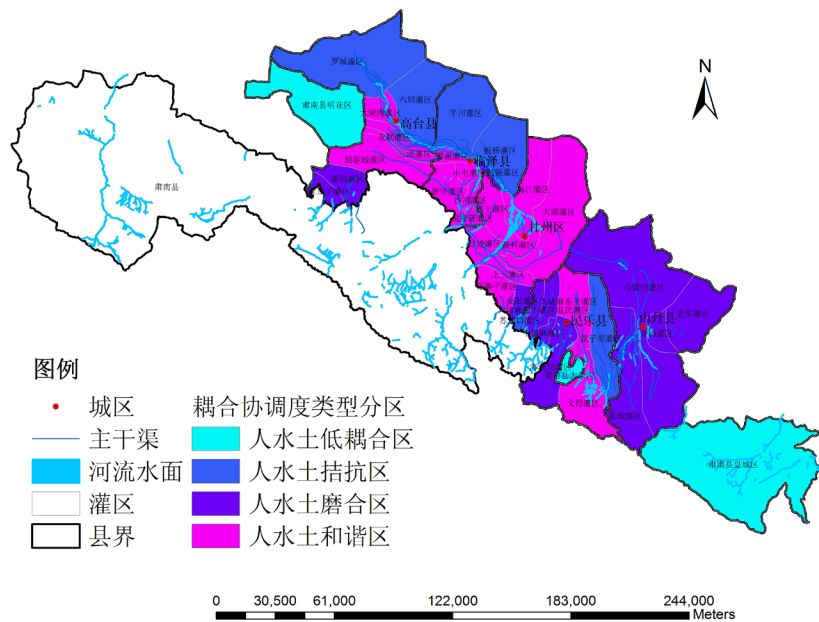


Figure 4. Type of coupling-coordination in Zhangye irrigation areas
图 4. 张掖灌区水 - 土 - 人耦合 - 协调度类型图

但基本上都有径流量较大的支流，水资源有一定的保证程度；处于拮抗阶段的灌区主要分布在张掖境内黑河干流下游的外围地带；低度耦合灌区，主要是肃南皇城灌区和明花灌区，属于更典型的独立灌区。灌区人-水-土系统协调的空间分布格局与耦合度分布格局基本类似，同样可划分为低度协调、中度协调、高度协调、极度协调四类，但略有不同，其中，极度协调灌区主要分布黑河干流流经的典型绿洲灌区；高度协调地区主要分布绿洲边缘和少部分沿山灌区；中度协调地区分布在依托独立水系(老军河、马营河、沙河、苏油口河)形成的沿山灌区；低度协调区主要分布在肃南更典型的独立灌区。综合各灌区单元的耦合度与协调度，对张掖绿 29 个灌区单元进行分类，将其分为 4 个类型区：高耦合高协调地区、磨合区(即高耦合低和谐地区)、拮抗区(即中耦合低和谐地区)和低耦合低和谐地区。

大量研究表明，干旱区内陆河流域的核心在于“水”，核心区域在于“绿洲”，而灌区是构成绿洲的最基本单元！灌区一般是指有可靠水源和引、输、配水渠道系统和相应排水沟道的灌溉区域，是人类经济活动的结晶，如果说天然绿洲是自然水系孕育的结果，那么现代绿洲则是定向控制水资源的产物。也可以说，灌区通过复杂的“串、并联”关系，才形成了现代绿洲。在人工灌渠系统的控制与引导下，渠系将水资源分配到各个灌区，其供水量决定了灌溉面积的大小，而灌溉面积的规模又决定人口和经济的承载能力，因此，水-土-人-经系统存在着高度的共生性和相互依存性。

尽管在绿洲中，地表水与地下水存在着多次重复转换关系，引致用水量大于供水量，但总体而言，以“水”定“土”是基本格局，由于水资源供给弹性与土地供给弹性的不匹配，因此，水资源的丰度和水系分布格局总体上控制了土地开发强度和开发方向。在人工灌渠系统的强烈引导与控制下，渠系的是配水量决定了灌溉面积的大小；灌渠延伸的方向引导了灌区的拓展方向。从理论上讲，在自然潜力相同的情况下，灌区面积的大小决定了土地的经济给养能力和人口承载能力，进而影响聚落的规模大小与分布态势！因此，水-土-人-经济-聚落系统存在着高度的共生性和依存性。其中一个因素超出合理的范围，都会深刻影响到系统的协调性与稳定性以及演替方向。高耦合高协调灌区主要分布在黑河沿岸和绿洲中腹，这是整个张掖绿洲的精华所在，灌区之间存在着非常复杂的“串、并联”关系(即灌区之间有发达的灌溉渠系相连接)，受区位条件、水资源供给保证程度等的深刻影响，人口与水土资源能够协调发展，但随着城镇化的快速推进和工业化的超常发展，这一地区的人口和经济发展压力将越来越大，对于城乡居民生活用水和工业用水将提出更多的需求，对水资源的分配将产生深远的影响。按《张掖市主体功能区划》方案，这些灌区所在地既是经济发展的重点开发区(重点开发区划分为“一片四点两区”。“一片”即以甘州-临泽一体化开发为重点的开发片区；“四点”即以高台、山丹、民乐、肃南四县县城规划区域为重点的点状开发区；“两区”即以张掖经济技术开发区和民乐六坝工业园区规划区域为重点的产业聚集区)，也是粮食主产区，因此生活用水-生产用水-生态用水之间的矛盾将进一步加剧，对于灌区人-水-土系统的协调状态提出新的挑战。高耦合低和谐地区主要分布在沿山独立水系流域。受独立水系特征的深刻影响，灌溉及其它用水方面不受其它区域水系的牵制和干扰，是区域性水系中基本的独立单元，具有明显的径流短、水量少、流量不稳定、调蓄能力弱、互补性差等特征，由于自然条件和灌溉条件相对有限，对人口的吸引力相对较弱，这些灌区目前虽然处在相对协调的状态，但除梨园河灌区外，基本上处于“各自为阵”的状态，一旦流量出现较强的年际变化，必将影响人-水-土系统的协调状态。拮抗区(即中耦合低和谐地区)主要分布在张掖绿洲黑河下游，受上游来水的影响，水资源到达这些灌区时，已是“强弩之末”，人-水-土系统只能处在拮抗状态。如何弱化水资源分配过程中的“上游剥夺效应”，是这些灌区面临的关键问题。

基金项目

国家自然科学基金地区项目(项目编号：41261042)。

参考文献 (References)

- [1] 熊建新, 陈端吕, 彭保发, 等. 洞庭湖区生态承载力系统耦合协调度时空分异[J]. 地理科学, 2014, 34(9): 1108-1116.
- [2] Illingworth, V. (1996) *The Penguin Dictionary of Physics*. Foreign Language Press, Beijing.
- [3] 吕小庆. 河流承载力和经济社会发展的耦合关系[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州大学, 2009.
- [4] 曹诗颂, 赵文吉, 段福洲. 秦巴特困连片区生态资产与经济贫困的耦合关系[J]. 地理研究, 2015, 34(7): 1295-1309.
- [5] 李静怡, 王艳慧. 吕梁地区生态环境质量与经济贫困的空间耦合特征[J]. 应用生态学报, 2014, 25(6): 1715-1724.
- [6] 李娜, 孙才志, 范斐. 辽宁沿海经济带城市化与水资源耦合关系分析[J]. 地域研究与开发, 2010, 29(4): 47-51.
- [7] 张卡, 曲本亮, 盖美. 区域经济发展与水土资源的耦合协调研究——以辽宁省为例[J]. 资源开发与市场, 2015, 31(3): 316-320, 374.
- [8] 阿尔祖·艾买尔, 刘勤, 王宏卫. 新疆克里雅河绿洲经济增长与生态环境的耦合协调发展研究[J]. 水土保持研究, 2015, 22(2): 264-268.
- [9] 角媛梅, 肖笃宁, 马明国. 绿洲景观中居民地空间分布特征及其影响因子分析[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 2092-2100.
- [10] 角媛梅, 马明国, 肖笃宁. 黑河流域中游张掖绿洲景观格局研究[J]. 冰川冻土, 2003, 25(1): 94-99.
- [11] 方创琳, 鲍超, 乔标, 等. 城市化过程与生态环境效应[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [12] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系: 以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理, 1999, 19(2): 171-177.
- [13] 黄海峰. 珠三角地区环境与经济协调发展研究及 GIS 技术应用[D]: [博士学位论文]. 广州: 中国科学院广州地球化学研究所, 2006.