

黑河中游张掖绿洲灌溉渠系的 数字化制图与结构分析

胡晓利¹, 卢玲¹, 马明国¹, 刘小军²

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃兰州 730000;

2. 张掖市水务局, 甘肃张掖 734000)

摘要:人工灌溉渠系对于干旱区内陆河绿洲的生存和发展具有重要作用。以黑河中游的张掖绿洲为例,在收集大量高分辨率遥感影像和地形图资料的基础上,利用GPS实地测量和GIS软件提取了全绿洲干、支、斗3级渠系信息,获得了翔实准确的灌溉渠系空间和属性数据,首次完成了张掖绿洲灌溉渠系的数字化制图并对该渠系网络的空间格局进行了分析。结果表明:张掖绿洲目前渠道总数约为6300条,总长为8749.51 km,密度为0.47 km/km²,干、支、斗渠的比例为1:1.17:2.4。5个县区中甘州区的灌溉渠系分布最密集,而山丹县渠系建设相对落后。绿洲人工灌溉渠系建设方式和水资源利用开发程度是影响和改变本地区流域景观结构和土地利用方式的重要因素。

关键词:干旱区绿洲;灌溉渠系;黑河流域;遥感与GIS

中图分类号:TP 79 文献标识码:A 文章编号:1004-0323(2008)02-0208-06

1 引言

黑河流域是我国西北干旱区第二大内陆河流域,流域面积约13万km²。流域内的水资源主要来自南部祁连山区的冰雪融水和山区降水。出山以后,在盆地内“有水是绿洲,无水是荒漠”。黑河流域特有的水土光热条件决定了流域中部盆地最适宜农耕生产,经过近两千年的开发过程,在这里逐渐形成稳定的人工绿洲的同时,也建立了十分密集和发达的人工灌溉渠系以强化人类对该区域有限水资源的开发利用和精细管理。人工渠系是干旱区内陆河流域绿洲特有的廊道景观,也是现代绿洲灌溉农业赖以生存和发展的基础。绿洲灌溉农业是全流域用水大户,通过斗、支、干等多级人工灌溉渠系,大量的黑河水资源消耗在中游大面积的灌溉农田上^[1,2]。近年来,一方面由于上游山区来水量逐年下降,另一方面由于流域人口的急剧增加和经济的快速发展,流域内工农业需水、生态环境需水和有限的水量三者之间的矛盾日益突出。如何更加合理分配和高效利

用有限的水资源成为黑河流域科研和管理部门十分关注的问题,也取得了大量的研究成果^[3~5]。

黑河中游张掖绿洲集中了全流域90%以上的人口和耕地,是黑河流域水资源利用的主要区域,也是人工灌溉渠系建设最为发达、分布最为密集的绿洲。目前关于黑河中游的水资源研究热点之一是以水资源合理高效利用为核心,开展水—生态—经济耦合的流域综合集成研究,而获取准确完整的黑河中游绿洲灌溉渠系空间分布信息有利于我们精确计算和高效管理水库—渠道—耕地之间水资源的时空分配。过去由于传统的调查手段落后且耗费大量的人力物力,难以获得绿洲灌溉系统的详细信息,而仅有的一部分也是示意性的资料,缺少空间位置等重要信息。近年来随着遥感、GIS和GPS技术的迅速发展,它们被广泛地应用于干旱区水资源管理和生态环境变化的研究当中^[6~11]。本文以张掖绿洲为研究区,介绍了运用遥感、GIS和GPS技术制作黑河中游张掖绿洲灌溉渠系空间分布图的技术过程,并对该灌溉渠系空间分布特征及其与土地利用的关

收稿日期:2007-11-20;修订日期:2008-03-03

基金项目:国家自然科学基金(40401044)、干旱区内陆河流域水问题基础研究(CXTD-Z2005-2)、中国科学院西部行动计划(二期)项目(KZCX2-XB2-09-03)资助。

作者简介:胡晓利(1979-),女,硕士研究生,研究方向为遥感与地理信息系统。E-mail: huxiaoli@lzb.ac.cn。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

系进行了定量分析。本研究将对进一步提高黑河流域灌溉水资源的利用与管理水平提供可靠和翔实的数据与信息平台。

2 张掖绿洲灌溉渠系的制图过程

2.1 研究区概况

张掖绿洲地处西北内陆的河西走廊中部, 黑河中游。地理坐标为 $97^{\circ}20' \sim 102^{\circ}12' E$, $37^{\circ}28' \sim 39^{\circ}57' N$ 。境内气候属温带大陆性干旱气候, 多年平均气温 $7.7^{\circ}C$, 年降水量 $113.30 \sim 342.70 \text{ mm}$, 蒸发量 $1453.00 \sim 2351.00 \text{ mm}$ 。降水主要集中在 5~ 8 月份, 约占全年总降水量的 $72.5\% \sim 77.8\%$ 。该区农业资源丰富, 是全国商品粮、瓜果蔬菜生产基地, 属典型的农牧绿洲。行政上包括高台县、临泽县、民乐县、山丹县和甘州区四县一区, 总面积 18813 km^2 (如图 1, 见图版 IV)。

2.2 数据预处理

研究所使用的数据主要有高分辨率遥感影像、小比例尺地形图及土地利用图等。作为高分辨率遥感影像几何纠正和渠系提取的基础资料, 共收集研究区 1: 5 万地形图 105 张, 1980 年西安坐标系。首先把 1: 5 万纸质地形图扫描到计算机, 用 ENVI 软件对数字化地形图进行几何纠正, 采用横轴墨卡托投影。处理后的数字化地形图空间分辨率为 2 m , 因此研究区部分灌渠可以直接从地形图中提取。同时从 Google Earth 上下载空间分辨率为 2 m 的图像 91 屏, 以及 15 m 分辨率的 Aster 影像 10 景, 图像获取时间为 2000~ 2006 年之间。所有这些高分辨率遥感影像可以完全覆盖研究区范围并满足对干、支、斗 3 级渠系的定位识别。以纠正后的数字化地形图为标准, 利用 ENVI 图像处理软件对遥感影像进行几何配准和投影转换, 重采样后的影像均统一为横轴墨卡托投影。土地利用数据来源于西部数据中心 1986 年及 2000 年的全国土地利用图, 原投影为 Albers 等积圆锥投影, 格网分辨率为 $30 \times 30 \text{ m}$ 。原土地利用图的分类系统主要类型为 6 大类, 次一级分类为 25 类。在此基础上本研究将土地利用类型重新划分为耕地、林地、草地、城镇及工矿用地、水域、盐碱地、未利用土地 7 大类, 并在 Arcinfo 中将投影转换为与影像相同的投影类型(图 1)。

2.3 GPS 实地测量

2006 年 9~ 10 月对张掖绿洲灌渠进行了较大规模的 GPS 实地测量。使用 GPS 重点定位了 53 条干渠渠首和渠尾节点的空间坐标, 212 条干、支渠

分水口和支、斗渠分水口所在拐点的空间坐标, 并从张掖水务局收集了灌区渠系分布示意图及其相应的属性数据。利用 GIS 软件将采集的 GPS 坐标数据生成点位分布图叠加在处理后的分辨率遥感图像上, 用于遥感提取渠系空间数据的验证与修正。

2.4 制作张掖绿洲数字化灌溉渠系图

在 GIS 平台下, 参考灌区示意图及其相应的属性数据, 运用 Arcview 3. 3 软件在处理好的遥感影像和地形图基础上, 提取研究区干渠、支渠和斗渠 3 级渠系点、线、面空间定位信息, 同时利用实测 GPS 生成的点位分布图对提取数据进行验证和多次修正, 最终生成属性数据与空间数据相匹配的张掖绿洲 5 县区数字化灌溉渠系图(如图 2, 见图版 IV), 并在此基础上建立了张掖绿洲灌溉渠系信息系统。

3 张掖绿洲灌溉渠系的结构分析

3.1 张掖绿洲渠系整体结构

张掖绿洲早在 2000 多年前就开始了引水浇灌。特别是新中国成立后, 灌溉和水利改造工程得到了极大发展。目前张掖绿洲已建成万亩以上灌区 24 个, 都具有完善的干、支、斗 3 级渠系系统。如表 1 所示, 目前张掖绿洲渠道总数约为 6300 条, 总长为 8749.51 km , 渠道密度(渠道总长与土地面积之比)为 0.47 km/km^2 。其中斗渠最长, 为 4596.56 km , 占张掖绿洲渠道总长度的 52.54% ; 支渠次之, 为 2234.77 km , 占 25.54% ; 干渠总长为 1918.18 km , 占 21.92% 。张掖绿洲干、支、斗渠的比例为 $1: 1.17: 2.4$ 。近年来, 由于张掖节水型社会建设的实施, 已陆续完成了干、支、斗渠改建和新建, 渠道宽度明显增加, 其中干渠的宽度可达 8 m ; 干支斗渠的渠系水利用率也明显提高, 已由 2000 年的 59% 增加到 2004 年的 64% 。每年黑河年平均径流总量的 47.21% , 约 7.45 亿 m^3 水量都是通过这些密集的渠道系统被分级输送到农田耕地之中。纵横阡陌的灌溉渠道是张掖绿洲廊道景观的重要特色之一。

表 1 张掖绿洲渠系特征表

Table 1 Characteristics of the irrigation channel system in Zhangye oasis

渠系类型	干渠	支渠	斗渠	总长度
长度(km)	1918.18	2234.77	4596.56	8749.51
比例(%)	21.92	25.54	52.54	100.00
宽度(m)	7~ 8	3~ 5	1~ 2	
密度(km/km^2)	0.10	0.12	0.24	0.47

3.2 各县区渠系结构比较

甘州区的灌溉绿洲是黑河中游人类活动强度最大且发育最成熟的人工绿洲^[12]。从图2和表2中也可以看出,甘州的渠系最长,为2 950.95 km,占整个张掖绿洲渠系总长度的33.73%,渠系密度也最高,达到0.80 km/km²。民乐次之,为2 048.01 km,占23.41%;山丹最小,为1 024.20 km,占11.71%。沿黑河中游主河道分布的甘州、临泽和高台3县区均引自黑河出山口莺落峡水库的河水进行灌溉,这三县的干、支、斗渠比例分别为甘州1:1.99:3.70;临泽1:1.06:1.90;高台为1:0.46:1.75。渠系密度为甘州>临泽>高台;山区的民乐县和山丹县的

灌溉水引自发源于祁连山脉的童子坝河、洪水河和马营河等黑河子水系。由野外调查及表2可知,民乐县的人工渠系建设状况明显好于山丹,渠系密度是山丹县渠系密度的3倍,主要原因之一是水资源条件的差异。首先是水资源量民乐比山丹优越,民乐县境内有7条主要河流和12条小沟小河,水资源总量为4.39亿m³,而山丹县水资源总量约1.2亿m³,人均水资源占有量仅为607m³,水资源缺乏一直是制约山丹经济社会发展的重要因素;其次水资源利用条件也有很大差别,山丹县水利设施大多修建于上世纪七八十年代,渠系多为土渠,渗漏严重,水资源的平均利用率低于民乐县。

表2 各县区渠系特征比较

Table 2 Comparison of the irrigation channel systems in different counties

各县名称		高台	临泽	甘州	民乐	山丹
干渠	长度(km)	486.78	293.84	440.88	336.96	359.71
	密度(km/km ²)	0.11	0.11	0.12	0.11	0.07
支渠	长度(km)	226.08	311.00	878.15	538.84	280.70
	密度(km/km ²)	0.05	0.12	0.24	0.18	0.06
斗渠	长度(km)	850.89	557.75	1 631.91	1 172.21	383.79
	密度(km/km ²)	0.19	0.21	0.45	0.39	0.08
总长	长度(km)	1 563.75	1 162.60	2 950.95	2 048.01	1 024.20
	密度(km/km ²)	0.35	0.43	0.80	0.67	0.20

3.3 绿洲灌溉渠系建设与土地利用格局的关系

对于黑河中游地区来说,人工灌溉耕地一直是该区域最重要的土地利用模式,灌耕地的发展与变化也控制着该区域土地利用变化的主要格局^[13]。新中国成立后,黑河流域进行了大规模的水利工程建设,张掖绿洲耕地基本上呈现不断增加趋势,但进入20世纪80年代后,耕地面积增长速度减缓,总体呈平稳发展态势,2000年以后,耕地面积变化不大^[14],土地利用方式和类型到目前已趋于稳定。因此,2000年的土地利用图基本可以代表近年来的土地利用格局。通过对2000年的土地利用图与渠系分布图叠加运算,得到灌溉渠道在各土地利用类型中的分布(表3)。可以看出,灌溉渠系在各土地利用类型中均有分布,其中耕地所占渠道最长,达到所有土地利用类型中渠系总长度的70.72%,耕地中渠系密度也较大。同时,各县区耕地中的干、支、斗渠系密度也有明显的差异(图3)。山丹县耕地中的各级渠系密度均最低。其它县区耕地中的干渠密度在0.19~0.49 km/km²之间,其中高台县最大,其次为临泽县。支渠密度在0.14~0.62 km/km²

之间,其中甘州区最大,临泽县次之。斗渠是最终直接进入田间耕地中的主要输水渠道,各县区斗渠分布密度均明显大于其它渠系密度,以高台县为例,其耕地中斗渠密度达到1.52 km/km²。

张掖绿洲是典型的人工灌溉绿洲。人工灌溉渠系不但基本替代了原有的天然河道与水网,也显著改变了区域景观格局,表现为各种自然生态系统如原生草地、天然湿地和水生植被群落的急遽退化与消失,而以耕地、城镇居民地为代表的人造景观面积不断扩大。图4显示了1986~2000年间张掖绿洲主要土地利用类型的变化,可以看到14a来,耕地、

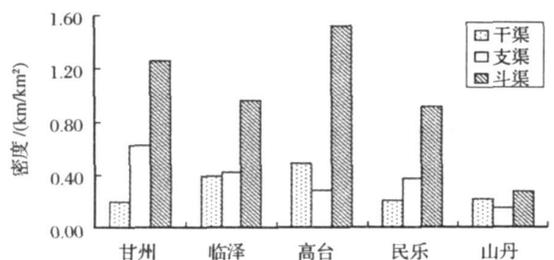


图3 各县区耕地中的渠系密度

Fig. 3 Channel density of farmlands in different counties

表 3 不同土地利用类型所占渠系比较

Table 3 Comparison of the irrigation channel systems in different land use types

		耕地	林地	草地	城镇	盐碱地	未利用土地	合计
高台县	面积(km ²)	414.27	38.52	571.14	35.15	344.81	2 920.99	4 324.88
	长度(km)	950.47	34.79	106.02	64.51	174.24	95.12	1425.15
	密度(km/km ²)	2.29	0.90	0.19	1.84	0.51	0.03	0.33
临泽县	面积(km ²)	425.46	37.28	226.43	34.08	38.93	1 883.74	2 645.92
	长度(km)	752.11	9.09	80.66	77.61	16.31	194.95	1130.73
	密度(km/km ²)	1.77	0.24	0.36	2.28	0.42	0.10	0.43
甘州区	面积(km ²)	1011.96	71.71	706.79	108.11	22.83	1 627.24	3 548.64
	长度(km)	2101.96	48.47	158.79	232.13	14.87	257.05	2813.27
	密度(km/km ²)	2.08	0.68	0.22	2.15	0.65	0.16	0.79
民乐县	面积(km ²)	977.10	590.20	680.07	72.22	-	596.37	2 915.96
	长度(km)	1454.87	1.90	246.99	125.15	-	66.33	1895.24
	密度(km/km ²)	1.49	0	0.36	1.73	-	0.11	0.65
山丹县	面积(km ²)	920.45	536.12	2 310.43	73.63	3.57	1 040.42	4 884.62
	长度(km)	573.67	6.63	201.60	77.92	1.35	122.78	983.95
	密度(km/km ²)	0.62	0.01	0.09	1.06	0.38	0.12	0.20

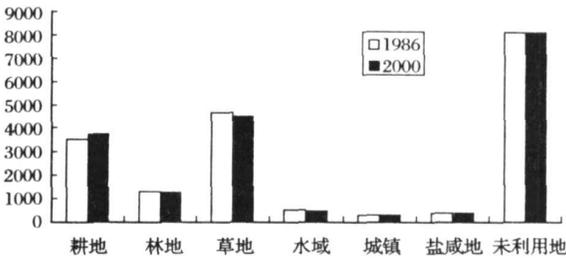


图 4 张掖绿洲土地利用类型面积

Fig. 4 The landuse areas of Zhangye Oasis from 1986~ 2000

城镇和盐碱地呈扩展趋势而林地、草地、水域和其它未利用土地面积减少,其中耕地面积增加了 218.38 km²。张掖绿洲灌溉耕地面积的扩大与灌溉渠系建设的加强和区域水资源开发利用程度的提高密切相关。近年来,根据《黑河流域近期治理规划》,对张掖地区各级灌溉渠系逐步实施了修补、改造和扩建,应用了渠道衬砌、防渗、抗冻胀、管道灌溉和喷滴灌等新技术以减少水分在渠系运输过程中的无效蒸发,同时加强对农户灌溉用水的管理,使灌溉水利用率逐年提高^[15, 16]。随着黑河新的分水方案的实施,即为满足黑河下游绿洲的生态用水需求将逐步减少黑河水资源在张掖绿洲的总量分配与使用,为保证张掖绿洲的农业经济发展水平,利用高新技术建立更加合理高效的灌渠体系,从而进一步提高对灌溉水

的精细管理和水资源利用率将是必由之路。

4 结 语

密集发达的人工灌溉渠系是现代干旱区绿洲农业赖以生存和发展的基础。本文运用遥感、GIS 和 GPS 技术制作了完整的黑河中游张掖绿洲干、支、斗 3 级灌溉渠系空间分布图,首次实现了张掖绿洲灌溉渠系属性与空间位置的匹配和可视化。通过对张掖绿洲灌溉渠系的空间分布格局分析,得到:

(1) 密集的灌溉渠道是张掖绿洲廊道景观的重要特色之一。目前张掖绿洲渠道约有 6 300 条,总长为 8 749.51 km,灌渠分布密度为 0.47 km/km²,干、支、斗渠的比例为 1: 1.17: 2.4。

(2) 张掖绿洲 5 个县区中,由于甘州区地势平坦,引水便利,该区的人工灌溉渠系也最发达,表现为其渠系最长,渠系密度也最高,是黑河中游人类开发强度最大且发育最成熟的绿洲。山丹县水资源条件差,目前其灌渠水利设施和水资源利用率都明显落后于其它县区,加强山丹县人工灌渠的建设和改造是发展当地经济和提高水资源利用率的必要措施。

(3) 干旱区内陆河流域纵横阡陌的人工灌溉渠系网络代替了原有的自然河流系统,对流域景观结

构和土地利用方式产生了重要影响。利用高新技术建立更加合理高效的现代灌渠体系是提高干旱区绿洲农业用水效率的重要手段。

(4) 本研究建立了具有空间显示功能的张掖绿洲灌溉渠系信息系统, 该系统将为开发黑河中游水-生态-经济耦合模型以及更加高效和精细的中游绿洲水资源管理模式提供重要、可靠的数据与信息平台。

参考文献:

- [1] Ren J H, Li W S, Zhang J. The Analysis of the Historical Water Consumption Quantity Changes in the Middle Reaches of the Mainstream of Hei River[J]. Yellow River, 2002, 24(9): 27-29. [任建华, 李万寿, 张婕. 黑河干流中游地区耗水量变化的历史分析[J]. 人民黄河, 2002, 24(9): 27-29.]
- [2] Kang E S, Li X, Zhang J S, *et al.* Water Resources Relating to Desertification in the Hexi Area of Gansu Province, China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004, 26(6): 657-667. [康尔泗, 李新, 张济世, 等. 甘肃河西地区内陆河流域荒漠化的水资源问题[J]. 冰川冻土, 2004, 26(6): 657-667.]
- [3] Wang G X, Cheng G D. Water Demand of Eco-system and Estimate Method in Arid Inland River Basins[J]. Journal of Desert Research, 2002, 2(2): 129-134. [王根绪, 程国栋. 干旱内陆流域生态需水量及其估算——以黑河流域为例[J]. 中国沙漠, 2002, 2(2): 129-134.]
- [4] Cheng G D. Study on the Sustainable Development in Heihe River Watershed from the View of Ecological Economics[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(4): 335-343. [程国栋. 黑河流域可持续发展的生态经济学研究[J]. 冰川冻土, 2002, 24(4): 335-343.]
- [5] Wang G X, Cheng G D, Xu Z M. The Utilization of Water Resource and Its Influence on Eco-Environment in the Northwest Arid Area of China [J]. Journal of Natural Resources, 1999, 14(2): 109-116. [王根绪, 程国栋, 徐中民. 中国西北干旱区水资源利用及其生态环境问题[J]. 自然资源学报, 1999, 14(2): 109-116]
- [6] Li X, Cheng G D, Ding Y J, *et al.* Design of Water Resource Information System of the Hei River Basin, Northwest China [J]. Journal of Desert Research, 2000, 20(4): 378-382. [李新, 程国栋, 丁永建, 等. 黑河流域水资源信息系统设计[J]. 中国沙漠, 2000, 20(4): 378-382.]
- [7] Lu L, Cheng G D, Li X. Landscape Change in Middle Heihe River Basin[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(1): 68-74. [卢玲, 程国栋, 李新. 黑河流域中游地区景观变化研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 68-74.]
- [8] Lu L, Li X, Cheng G D, *et al.* Analysis on the Landscape Structure of the Heihe River Basin, Northwest China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(8): 1217-1225. [卢玲, 李新, 程国栋, 等. 黑河流域景观结构分析[J]. 生态学报, 2001, 21(8): 1217-1225.]
- [9] Song D M, Xiao D N, Zhang Z C, *et al.* Landscape Changes of Minqin Oasis in Gansu Province and Its Driving Force [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(4): 535-539. [宋冬梅, 肖笃宁, 张志城, 等. 甘肃民勤绿洲的景观格局变化及驱动力分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 535-539.]
- [10] Li X Y, Wu K T, Xiao D N. Studies on the Landscape Dynamics of the Shiyang River Watershed and Its Typical Oasis [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004, 26(6): 747-754. [李小玉, 武开拓, 肖笃宁. 石羊河流域及其典型绿洲景观动态变化研究[J]. 冰川冻土, 2004, 26(6): 747-754.]
- [11] Li X Y, Xiao D N. Comparison on Changes and Their Driving Forces of Farmland in Oases of Middle and Lower Reaches: The Case of Liangzhou and Minqin Oasis in the Shiyang River Basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(3): 671-680. [李小玉, 肖笃宁. 内陆河流域中、下游绿洲耕地变化及其驱动因素——以石羊河流域中游凉州区和下游民勤绿洲为例[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 671-680.]
- [12] Jiao Y M. Integrated Assessment on the Landscape Pattern and Maturity of Manual Oasis in Middle Reaches of the Heihe River Basin [D]. Chinese Academy of Sciences. PhD, 2003. [角媛梅. 黑河中游人工绿洲景观格局与发育度综合评价研究[D]. 中国科学院研究生院, 博士论文, 2003.]
- [13] Zhang B, Zhang K, Hao J X. Research on Optimization of Land Use Structure in Middle Reaches of Heihe River after Water Distribution[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(2): 88-91. [张勃, 张凯, 郝建秀. 分水后黑河中游地区土地利用结构优化研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 88-91.]
- [14] Chang J, Wang G X, Wang Y B. Driving Factors of Land Use Change in the Heihe River: Case Study of Zhangye Prefecture [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, 27(1): 117-123. [常娟, 王根绪, 王一博. 黑河流域土地利用变化的影响因素——以张掖地区为例[J]. 冰川冻土, 2005, 27(1): 117-123.]
- [15] Wang T X. Application Analysis of Water Saving Irrigation Mode in Zhangye District[J]. China Rural Water and Hydropower, 2002, 4: 25-26. [王天雄. 张掖地区节水灌溉模式应用分析[J]. 中国农村水利水电, 2002, 4: 25-26.]
- [16] Luo Y L, Li Q J, Zhang X. Analysis on Effect of Water Saving Reconstruction of Irrigation District in Middle Reaches of Heihe River[J]. Water Saving Irrigation, 2005, 6: 40-42. [罗玉丽, 李清杰, 张霞. 黑河干流中游灌区节水改造效果分析[J]. 节水灌溉, 2005, 6: 40-42.]

The Irrigation Channel System Mapping and Its Structure Analysis for the Zhangye Oasis in the Middle Heihe River Basin

HU Xiaoli¹, LU Ling¹, MA ming-guo¹, LIU Xiaojun²

(1. Cold and Arid Region Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Zhangye Water Conservancy Bureau, Zhangye 734000, China)

Abstract: The artificial irrigation channel system plays a significant role in the development of the Zhangye oasis in the middle Heihe River Basin, northwest China. By using remote sensing, GIS and GPS approaches, the digital irrigation channel system map of the Zhangye oasis was firstly compiled based on a large number of high spatial resolution topographic maps and satellite images as well. This digital map includes the detailed spatial and property information of the Zhangye oasis' irrigation channel system in three levels (main channel, branch channel and tip channel) and has been widely validated and calibrated by intensive GPS ground-measurements over all the channel network of the oasis. The channel spatial structure and its relation with the local land use evolution were analyzed in this study. Currently, the total number of the irrigation channels in the Zhangye oasis is about 6300, in which the main channels, the branch channels and the tip channels account for 21.9%, 25.54% and 52.54%, respectively. The total length of the whole channel system reaches to 8 749.51 km with an average channel density of 0.47 km/km². Among the five counties in the Zhangye oasis, the Ganzhou district has the densest irrigation channel distribution, whereas the Shandan county has a relatively poor channel construction. The development of the artificial irrigation channel system and the water resource exploitation in the arid oases could greatly affect and change the local landscape pattern and land use style.

Key words: Oasis in the arid region; Irrigation channel system; Heihe River basin; Remote sensing and GIS

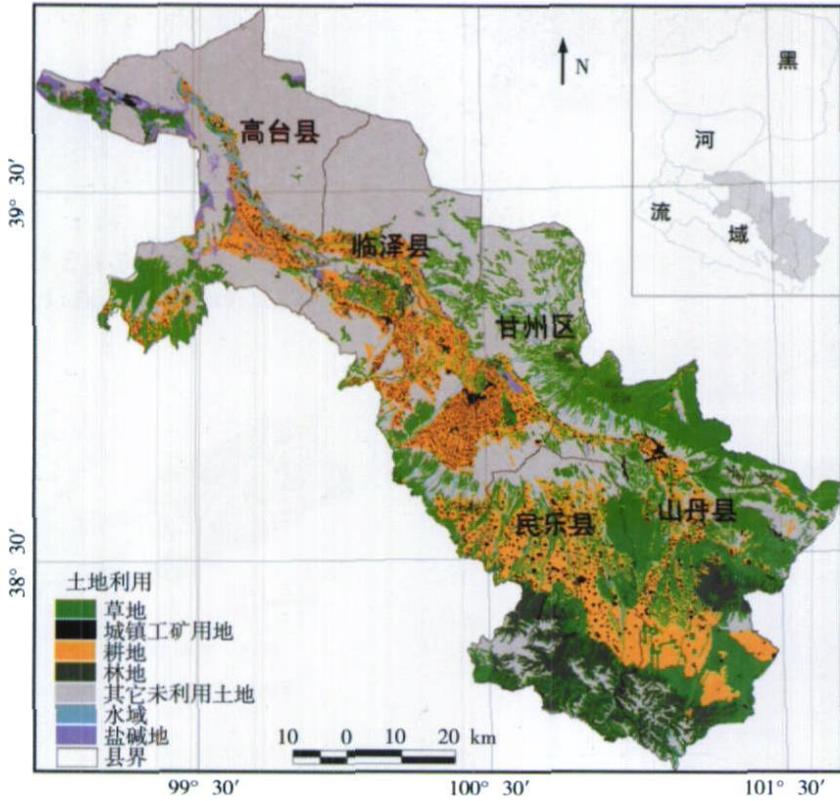


图1 研究区及其土地利用状况

Fig.1 Study area and its land use pattern

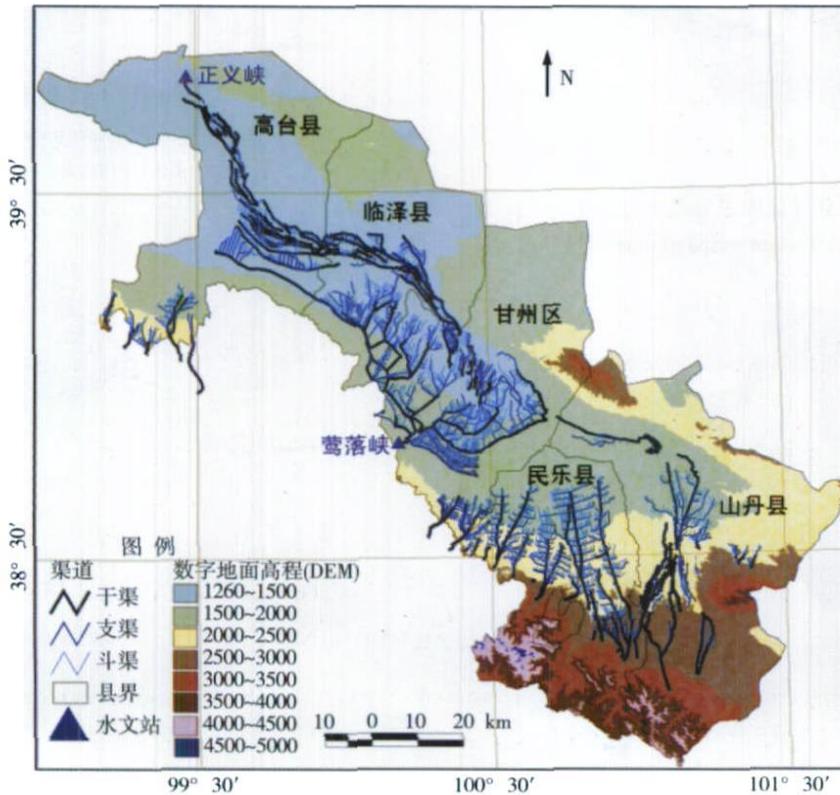


图2 张掖绿洲灌溉渠系图

Fig.2 Spatial pattern of the irrigation channel system in Zhangye oasis