

民勤绿洲水资源利用的历史 现状和未来

孙雪涛

(中国工程院 西北水资源项目办公室, 北京 100038)

[摘要] 石羊河流域下游的民勤绿洲面临严重的生态危机, 如何抢救和保护民勤绿洲, 引起了社会各界的广泛关注。文章通过对民勤绿洲历史演变和开发过程的研究, 分析了民勤绿洲水资源利用的现实状况和未来发展前景。结合计算初步认为: 石羊河水资源开发利用过度, 目前已经基本丧失其河流的生态功能, 民勤绿洲的水资源已无法维持绿洲的生存和发展。针对当前情况, 提出了治理石羊河、抢救民勤绿洲, 争取适当恢复青土湖的三个步骤。

[关键词] 民勤绿洲; 生态环境; 荒漠化; 水资源; 结构调整

[中图分类号] TV21; X171. 4; 5274 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742 (2004) 01-0001-09

前言

2003年3月, 中国工程院《西北地区水资源配置 生态环境建设和可持续发展战略研究》项目综合报告^[1] (以下简称西北水资源综合报告) 提出: 由于内陆河流的下游都处于极端干旱区的沙漠中心, 两岸天然绿洲和向荒漠过渡的植被都需依赖河流径流补给地下水, 河湖干涸断绝了地下水的补给, 造成天然绿洲和向荒漠过渡的植被衰败以至死亡。考虑到现实的水资源情况, 在坚决保持现有河湖格局的基础上, 应尽可能地增加入湖水量, 将20世纪60年代以后消失和萎缩的湖泊, 加以不同程度的恢复, 从而恢复河流的原有长度, 并恢复河湖水质。针对石羊河进一步提出治理目标: 采取压缩灌溉面积、生态移民和适当调水等措施, 争取适当恢复青土湖。西北水资源综合报告从人与自然和谐共处的理念提出了石羊河的最高治理目标, 本文通过对民勤绿洲的历史演变和开发过程的研究, 分析民勤绿洲水资源利用的现实状况和未来发展的情景, 得到初步结论: 石羊河水资源开发利用过度, 目前已经基本丧失其河流的生态功能, 民勤绿洲的

水资源已无法维持绿洲的生存和发展, 实现上述治理目标任务十分艰巨。当前实质性的问题在于建立水权水市场理论基础上的全流域的合理分水, 以此作为解决问题的切入点和突破口。为了增加民勤的生态用水, 减少灌溉面积比推行节水改造更为有效。城市生活和工业现状用水数量有限, 但防治水污染的任务更为紧迫。建议分步实施, 首先放弃一部分耕地, 遏制地下水继续超采; 第二步, 适当调水等, 逐渐使地下水位回升到20世纪80年代初的水平; 第三步, 全面实现西北水资源综合报告提出的目标。本文还分析了如果满足石羊河流域社会经济耗水不超过水资源总量50%, 民勤绿洲的生态恢复和重建的最高目标有可能实现。为此, 必须彻底改变社会经济的用水方式, 通过政府调控、市场引导和公众参与的途径, 采取工程与非工程相结合的治理措施, 提高用水的效率和效益, 建立高效节水防污的经济与社会^[2]。

1 民勤绿洲的历史演变

1.1 民勤绿洲的地理位置和自然特性

民勤绿洲位于甘肃省河西走廊东端民勤县(两

汉三国时期叫武威，明清两代叫镇番），具体位置是指民勤县红崖山—黑山—阿拉古山一线以北、雅布赖山以南的地区，在地质上属于阿拉善台块的边缘凹陷^[3]，是石羊河延伸到腾格里沙漠腹地出现的非地带性景观。现指石羊河下游红崖山水库以下冲积成的狭长而平坦的绿洲带，周围是广大沙漠、戈壁、低山等。绿洲面积约 $0.18 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，包括城镇、灌区和废弃的盐碱荒地，占民勤县土地面积 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的 11.3%，绿洲的核心为石羊河下游红崖山水库以下的坝区、泉山、湖区 3 个灌区，灌溉面积为 $5.97 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，占全县灌溉面积 $7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的 85.3%，人口 27.38 万人，占全县总人口 30 万人的 91.2%。因此，除了分别接壤武威市凉州区和金昌市的环河、昌宁两小灌区外，民勤县的绝大多数人口和主要的社会经济都集中在中部的民勤绿洲上。多年平均降水量 100 mm 左右，一些地方降水甚至 50 mm 左右，蒸发量 2 000~2 600 mm，属于极典型的内陆干旱区（见图 1）。

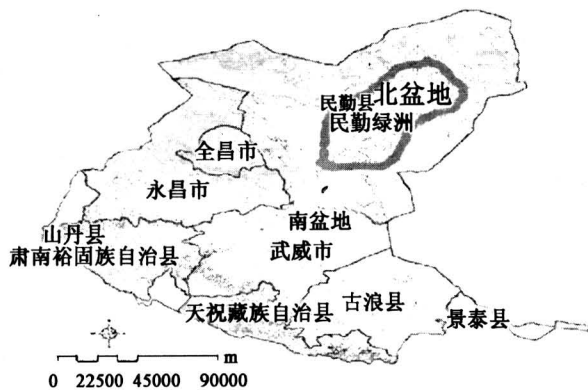


图 1 2000 年石羊河流域土地利用平面图
(国家基础地理信息中心提供)

Fig.1 Map of land utilization of the Shiyang River Basin in 2000 (Provided by National Geomatics Center of China)

1.2 民勤绿洲的自然变迁

民勤绿洲历史上是沼泽和湖泊，在漫长的历史时期发生了较大的自然变迁，新中国成立前夕，最后一个湖泊“青土湖”已不复存在。

民勤绿洲原是石羊河（史志称“谷水”或“三岔河”）和金川河（史志称“云川”或“水磨川”）下游冲积成的狭长而平坦的绿洲带，随着石羊河水系演变，民勤绿洲规模和景观发生相应的变化。史前时期，民勤绿洲基本上随着古石羊河和古金川河

及其终端湖的自然变迁而变化，水草丰美，动物繁多，自然生态良好，属于典型的天然绿洲。冯绳武先生经过科学考证将民勤绿洲的水系演变分为三个时代：“猪野泽”自然水系、“白亭海”和“青土湖”期半自然水系和 1949 年以后的人工水系^[3]。

石羊河流域的冲洪积扇在地理上分为南、北两个盆地，下游民勤绿洲属于北盆地（见图 1）。石羊河 8 条主要支流，除了大靖河和西大河外，其余 6 河的径流首先进入南盆地形成“武始泽”，再进入红崖山以下的北盆地形成“猪野泽”又名“休屠泽”。“猪野泽”属于自然水系时代，起于战国时期（公元前 475 年—前 221 年）止于西汉在此设置行政区（公元前 111 年），由于石羊河流量大，冲积范围广，形成沼泽平原。“白亭海”时期被称半自然水系，起于隋代，历经唐、五代、宋、元、明、清，止于公元 1840 年左右，约长达 1 260 年。全区湖水水量减少，河流分支流众多，大部分长流水变成季节性间歇河，尾间出现大小不等有明显季节性的湖泊。“青土湖”时期，1840 年左右至解放前夕，民勤最晚出现的湖泊，原有的湖变为湖滩荒地^[3]。人工水系时代是从 20 世纪 50 年代初，修建了红崖山平原水库和跃进灌溉总干渠开始，大规模的水利建设时期，人工渠道代替天然河流。人工修建水利枢纽和灌区内的各种渠道，形成状若蛛网的人工渠系，将大量河水分配到农田，较快地发展了绿洲经济^[4]。

1.3 民勤绿洲的历史演变与水资源开发

民勤绿洲的历史演变与人口增加和水资源开发方式密切相关，由于石羊河流域人口增加，开发中心上移，民勤绿洲规模发生了由大到小、由稳定到脆弱的波动性变化。

公元前 121 年，汉武帝派霍去病二次出击匈奴，迫使匈奴退出河西地区，移民屯垦，初期还只能开发有地表水引灌之便或地下水埋藏很浅利于开发的下游地区。西汉太和二年，武威郡共有 17 581 户，76 419 人^[5]。灌溉耕地逐渐增加，天然草场相应减少，生产方式由农业替代了游牧，绿洲内处于大西河、大东河（现为跃进干渠）之间，农业型绿洲逐渐形成，从时间上看，对应于“猪野泽”的逐渐缩小时期。

从行政区域设置的时间上分析，南盆地的开发晚于北盆地，在隋唐以前武威盆地只有零星地开发沿河及泉水溢出带的小片土地。公元 710 年，唐代

在武威设河西节度使, 共驻军 73 000 人。据新旧唐书《地理书》记载, 天宝年间, 凉州 (今武威市) 人口已增加到 16 万人, 占河西总人口的 63%, 在南盆地人类的开发加剧, 武威绿洲上的中心城市姑藏 (今武威市) 成为河西走廊最大的城市。与西北其他绿洲的开发历程一样, 人类最初从内陆河流冲洪积扇的中下部开始, 逐水向上开发, 活动中心上移。由于上游用水增多, 下游用水不足, 使在民勤绿洲上汉代以来发展起来的主要城镇和较大的居民点, 如武安郡、武威、休屠等多行荒废, 民勤绿洲规模不断缩小。

从宋到元末 200 多年, 主要受西夏党项族统治, 以牧业为主, 许多农田废弃或转为牧场, 民勤绿洲缩小的进程渐缓。但是并没有查证到湖泊又恢复的记载。明朝建立, 朝廷派大将冯定收复河西, 再次大规模移民, 在武威设西凉卫, 在民勤设白亭卫。到光绪年间, 凉州府五县 [武威、永昌、镇番 (今民勤)、古浪、平番 (今永登)], 共有 78 576 户, 40 万人, 耕地面积达 $19.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。道光五年 (1825 年), 民勤的人口增到 18 万人 (民勤县志, 1995)。此时, 明清时期的复垦, 出现用水紧张, “白亭海” 已渐进入消失期。

早期的灌溉, 缺乏水库调蓄, 不能控制地下水位, 也没有节水措施, 标准很低, 用水极为粗放, 灌溉季节用水矛盾, 据《五凉全志》镇番志记载: (分水) 章程虽有一定, 河水大小不等, 水既发源于武威, 则镇番之水, 乃武威分用之余流, 遇山水充足, 可照牌轮浇, 一值抗旱, 往往五六月间人不敷出……。可见清代虽然灌溉面积不如现在大, 但由于灌溉水平低, 同样出现用水紧张的情况。

猪野泽、白亭海、青土湖并不是同一时期的湖泊, 从面积最大的猪野泽逐步退缩到面积最小的青土湖, 以至 20 世纪中期湖泊彻底消失, 标志着民勤绿洲水系的历史变迁, 说明民勤绿洲的湖泊在半人工水系时期已经消亡, 也说明人类与天然湖泊的消失和绿洲的变迁有着非常密切的相互关系。

2 民勤绿洲水资源开发利用极大地支持了绿洲社会经济的发展

民勤绿洲已有 2 800 年的人类开发史, 先后有月氏、匈奴在这块荒漠绿洲上生息, 汉族、吐蕃族、蒙古族又在此繁衍。从沙井子文化记载起^①, 各个民族在不同历史时期的交替与融合, 推动了社

会的不断进步, 创造出灿烂的中华文明, 在中华民族发展史上有着重要地位。新中国成立后, 民勤在社会经济各项事业的发展中取得了骄人的成绩。50 年来大规模的水利建设, 修建了红崖山平原水库和跃进总干渠, 建成了各类蓄水、引水、提水工程和地表水灌区、井渠混灌区等。民勤绿洲 “非灌不殖”, 水利条件的改善, 支持了人口的增长, 较快地发展了绿洲经济, 创造了粮食生产 $1 \times 10^8 \text{ kg}$, 甜菜 $8 000 \times 10^4 \text{ kg}$ 、白兰瓜 $1 500 \times 10^4 \text{ kg}$ 、黑瓜籽 $2 000 \times 10^4 \text{ kg}$ 、茴香 $200 \times 10^4 \text{ kg}$ 的辉煌业绩, 同时肩负着为甘肃省其他地区提供商品粮的任务。依托农业的支撑, 建立和发展了初级产品加工业, 民勤县人口从 1948 年的 10.44 万人, 增加到 2000 年的 30.2 万人 (见图 2), 人口增加近 3 倍, 而 20 世纪上半叶, 也就是人工水系之前人口一直在 10 万上下波动。水土资源大规模的开发是民勤绿洲成为当今西北地区的重要绿洲的关键因素。

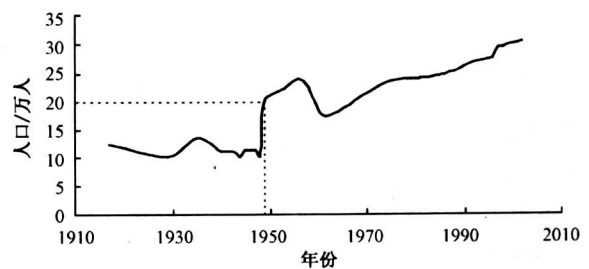


图 2 民勤县人口变化曲线 (1912—2002 年)

Fig.2 Variation curve of population of the Minqin County in 1912—2002

3 民勤水资源开发的现状评价

3.1 民勤水资源量

发源于祁连山的石羊河由上游 8 条较大的支流汇集而成, 从南向北依次为大靖河、古浪河、黄羊

① “沙井子文化” 1923 年瑞典人安徒生 (J. G. Anderson) 在民勤县沙井子东南 3 km 的干坑弯一带发掘古墓六七处, 窃取古人殉葬品的种类有石器、陶器、铜器等文物, 与其在洮河流域考古的调查资料, 写成 “甘肃考古记” 一文。此文在 “甘肃远古文化之对比年代” 一节中, 作者主观地把甘肃彩陶文化分为齐家 (公元前 3500 年—前 3200 年)、仰韶、马厂、辛店及沙井 (公元前 700 年—前 500 年) 6 个时期, 并认定以沙井期文化为青铜器时代初期的代表。但国内有学者认为, 遗址处的大量汉砖等, 不会出现在新石器时代末至青铜器时代初期的文化遗址上, 推断属于公元前数百年期间汉族势力到达本区时一些统治者的墓葬遗址。

河、杂木河、金塔河、西营河、东大河、西大河，其中最大的一支为西营河，年径流量为 $3.73 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，最小的一支为大靖河，年径流量为 $0.13 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。多年平均天然径流量为 $14.59 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，与地表水不重复的地下水资源量 $0.99 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，加上其他更小的支流和浅山区水量，石羊河流域多年平均水资源总共为 $16.66 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。从有水文资料记载以来，祁连山来水基本稳定，石羊河流域水资源的年际变化稳定，但年内水量分布很不均衡^[6]。现上游8条支流中，除杂木河外，50年来陆续在7条河流上修建了出山口水库，水库建成之时，下游河道基本没有过流，洪水期也极少过水，一部分河段被垦为耕地。有水文记录以来，大靖河和西大河两条支流没有地表水进入石羊河，只有中间6条河流与民勤绿洲发生水的联系，进入石羊河的水资源只有少量的地表水和受地质阻隔出露的泉水以及灌溉回归水。

民勤绿洲是内陆河流下游的尾间，地形为一个闭合的盆地。水资源来源有河川径流、河谷潜流、山区侧向补给、沙漠补给和降水，其中最主要的水资源依赖石羊河的来水供给。由表1可知50年代红崖山水库入库水量 $4.64 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，推算出民勤绿洲的水资源量接近 $5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。根据甘肃省水利水电勘测设计院的数据，红崖山水库90年代以来年平均径流约 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，由于红崖水库地质构造不透水，河谷潜流进入水库以下的水量可不

表1 六河天然年平均流量与进入民勤绿洲平均径流量对比表

Table 1 Comparison of annual average runoff between the six attributes of the Shiyang River and inflows of the Minqin Oasis

年份	年均径流量 / 10^8 m^3	年均径流量与多年均值之比 /%	入下游民勤年均径流量 / 10^8 m^3	中游年耗水量 / 10^8 m^3	人民勤年均径流量占六河年均径流量之比/%
1957	13.31	97.2	4.64	8.67	34.5
1969	13.05	95.2	3.94	9.11	30.2
1976	14.04	102.5	2.68	11.36	19.1
1980	13.00	94.9	2.21	10.79	17.0
1990	14.09	102.8	1.70	12.39	12.1
1991—1997	11.09	80.9	1.59	9.50	14.3
2000	13.03	95.2	0.98	12.05	7.2

计，周围沙漠补给等累计 $0.31 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。近年来，民勤绿洲每年可更新的水资源量约 $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

3.2 民勤用水量

民勤绿洲的用水（已经扣除红崖山水库以上灌区）总量为 $6.49 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，耗水 $5.19 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。城镇生活、工业用水较小，粮食和林草灌溉用水 $6.25 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占总用水量的96%（见表2），全国农业用水的比例是75.3%。民勤绿洲的农业用水比例较大。

表2 石羊河流域2000年实际用水量统计

Table 2 Statistics of actual water use of the Shiyang

River Basin	River Basin in 2000					总计 10^8 m^3
	城镇生活	农田灌溉	林草	农村生活	工业	
民勤绿洲	0.020	6.25	-	0.07	0.15	6.49
武威市	0.15	19.15	0.77	0.25	0.43	20.85
金昌市	0.15	4.2	0.27	0.059	1.1	5.78
流域合计	0.3	23.35	1.04	0.41	1.53	26.63

3.3 民勤远期可能得到的水量

民勤地处腾格里沙漠腹地，蒸发量大，不能形成有效降水，民勤绿洲可能得到的水量取决于上游供给的水量和外流域的直接调入水量。石羊河可预见的水资源量总体上有 $19 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

3.3.1 上游可供的水量 从表1可以看出，六河流6年（1957，1969，1976，1980，1990和2000年）的年径流在多年均值 $13.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ 上下波动，最大变幅为+2.8%，最小变幅为-5.1%，而进入下游民勤的水量从1970年以后则呈持续下降趋势，最典型的是1969年、1980年和2000年，这3年六河出山口的径流量为多年均值的95%左右，而2000年进入民勤水量比1969年减少了75%。由于上游武威和金昌的用水量大而且不断增长（见表1、表2），使进入民勤绿洲的水资源锐减。石羊河可能给予民勤绿洲的水量，取决于石羊河流域的治理目标。民勤绿洲90年代平均可更新的水资源量为 $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右，应当增加民勤绿洲的水量，争取达到20世纪50年代的水平。

3.3.2 外流域可调水量 2001年已经完成的甘肃景电二期向民勤输水工程年调水量 $0.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，有条件通过水权交易或者其他经济手段扩大调水到 $1.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。还有西线南水北调工程从腾格里沙漠的边缘向民勤绿洲调水的更远期设想。另外，石羊河上游从大通河调水，金昌市完成兴建的引疏济

金工程(从大通河支流硫磺沟向石羊河支流西大河调水),年调水 $0.4 \times 10^8 \text{ m}^3$,规划修建从大通河干流引水 $2.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的引大济西工程,这些跨流域调水,虽不直接增加向民勤调水,但可缓解石羊河流域用水紧张情况。

3.4 民勤水资源的评价

3.4.1 水资源配置的改变制约了绿洲社会经济的发展 在整个流域水资源总量稳定的条件下,人工绿洲面积应该基本稳定。由于水资源配置的改变,上下游的绿洲就会出现此长彼消的变化规律。在石羊河流域总水资源基本没变,上游用水增加、进入民勤绿洲的水资源锐减,武威绿洲的扩大和民勤绿洲的退化有因果关系。水资源短缺、水质恶化造成民勤绿洲生态破坏和生存危机,严重制约了绿洲社会经济的进一步发展。

1) 水资源严重短缺。民勤绿洲现状用水总量为 $6.25 \times 10^8 \text{ m}^3$,水资源多次重复利用。民勤绿洲90年代平均可更新的水资源量约 $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,供需极不平衡。区内机井8126眼,其中包括井深超过200m的井235眼,造成地下水严重超采。据甘肃省地矿部门资料,50年来民勤盆地地下水累积超采 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$,漏斗中心在民勤县城区,地下水位埋深超过40m,泉山和坝区最深处约15~25m,灌区最末端青土湖区地下水埋深3~8m。

2) 水质污染严重。首先是石羊河进入红崖山水库的水日益恶化。武威市的水污染、白色污染也日益严重,2000年排入石羊河的生产生活废水达 $2471.47 \times 10^4 \text{ t}$,硫化物、挥发酚、粪大肠杆菌等废物及生活污水得不到处理直接排入河道。由于河流流量小,流程短,因此水质稳定性较差,自净能力弱,纳污量有限;地下水也因城市污水及地面各种污染物的渗漏而受到不同程度的污染。随着农业生产的发展,地膜、化肥、农药用量的增加使土地土质、农作物品质也受到污染。据甘肃省水利水电勘测设计研究院资料,12月至来年4月,进入红崖山水库的水占水文年的72%(其中地下渗水为31%,上游污水41%),5月至11月来水占28%(其中上游污水19%),水库水质评价为V类甚至劣V类。二是灌区内的水质,1/3的地区是高含氟水,地下水矿化度每年以 0.12 g/L 的速度上升,1/3面积的地区水地下矿化度在 2 g/L 以上(民勤志,1990)。由于漏斗的作用,苦咸水由边远的青土湖区向中心的泉山灌区扩展。原青土湖区和绿洲

的灌区末端,地下水矿化度在 5 g/L 以上。

3) 缺水和水质问题使生存受到威胁。从人工水系时代开始,灌区生态环境危机日渐突出。特别是从20世纪80年代开始,民勤的沙漠边缘和人工绿洲外围的防风固沙植物大部分死亡,约 7000 hm^2 人工沙枣林、沙生植物枯死,草场退化,流沙压埋农田。笔者认为造成数千人撂荒土地,背井离乡成为生态难民,主要原因不能归咎于土地的沙化和沙尘暴的肆虐,而是缺水和水质问题导致丧失了最基本的生存条件。矿化度大于 3 g/L 的地下水,既不能浇灌庄稼,更不能为人畜饮用。民勤5万多人、11万多牲畜饮水十分困难。绿洲最下端湖区的几个乡镇,因生产生活无法维持,纷纷逃离家园。

3.4.2 调整种植结构 提高用水效率 发展高效经济 当前民勤绿洲自身的问题是灌溉面积过大^①,农业用水水平相对于全国平均水平不算很低,粮食种植结构虽然仍需调整,但并不是常说的结构过于单调。

2000年民勤绿洲的灌溉面积 $5.97 \times 10^4 \text{ hm}^2$,农业用水 $6.25 \times 10^8 \text{ m}^3$ (包括灌溉林草,见表2),平均灌溉用水 $10470 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,华北平原的平均灌溉用水 $6750 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,加上500mm的降水(相当于 $5010 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,一部分降水可能为无效降水)为 $11760 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,两者相比民勤绿洲的灌溉水平并不低。如果考虑到实际灌溉面积可能还大一些,其灌溉用水在河西走廊以至西北内陆干旱区可称处于较高的水平。这与绿洲内8000多眼各类水井的井渠结合的灌溉模式有关。坝区、泉山、湖区三个灌区的灌溉制度相同,一般农作物如小麦一季灌4~5次,第一次为泡地水 $1800 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,以后3~4次 $750 \sim 900 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。第一次泡地水和第二次苗水必须用红崖山水库的水保证洗碱和出苗,以后可用一些井水,当地做了许多苦咸水利用的试验。民勤的耕地中有35%的套种面积(当地称为带田,如小麦套玉米,小麦套棉花等),比常规耕作效益高,这是在没增加灌溉面积的情况下,提高了粮食产量,但增加了用水总量。灌区内的渠道两旁、公路

^① 根据2000年石羊河流域遥感图像判读,民勤绿洲的灌溉面积比统计值略大10%~15%。农业用水 $6.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 来源于甘肃水利水电设计院,地表水灌溉用水量有统计资料,地表水抽水量(由耗电量反算而得,可能偏大)。因此,两种因素更能说明用水水平不低。

两边的防护林网的用水和其他生态用水都包含在总的灌溉用水量内。民勤处在下游，灌溉保证率低，客观上逼着调整结构，因此，在农业作物的种植结构上也比西北同类地区更为合理（表3），粮食占40%，经济作物占33%，也因地制宜种植耐盐作物如茴香等，但调整结构仍需向提高用水效率方向发展，向经济效益高的方向发展。

表3 2000年民勤绿洲农作物实际灌溉面积

Table 3 Actual crop area of irrigation of the Minqin

	Oasis in 2000			10 ⁴ hm ²
	湖区灌区	坝区灌区	泉山灌区	
现状	1.78	1.61	2.58	5.97
粮食作物	0.59	0.67	1.07	2.34
经济作物	0.69	0.49	0.78	1.96
林草	0.54	0.49	0.79	1.82

4 民勤绿洲未来发展与水资源配置

研究民勤绿洲水资源开发利用的过去和现在，是为了民勤绿洲的未来，探索可持续发展之路。通过以上分析，民勤绿洲在历史上处于农牧交错区，水资源充足，开发条件好，是匈奴等游牧民族冬季倒换的重要草场，也是汉族农业发展的理想之地，战略地位重要。因此，在各个历史时期，民勤绿洲都设镇建制，为兵家必争之地。现在在水资源开发过度，出现了严重的生态问题。从区位上讲，地处沙漠腹地，偏离交通中心；从资源上讲，水资源紧缺且调水成本高，尚未发现油气和其他矿产资源。50年来重要的粮食基地使命已基本结束，建立现代化的工业和高科技产业缺乏基础，未来的民勤绿洲发展走向何处，是如同其他地区一样继续全面扩大发展，还是及时收缩规模限制发展？或者两者结合有所为有所不为？需要全面科学地研究未来的战略定位，许多问题已超出本文的研究范围。但可以认清的是今后无论如何发展，都必须满足三个约束条件：水资源的可持续利用；生态环境的逐渐改善；控制人口的增长。以下是实现未来水资源配置的分析和建议。

4.1 民勤绿洲水资源利用的指导思想

石羊河流域是严重缺水的地区，缺水的类型为资源型缺水和水质型缺水。解决民勤绿洲的生存危机，要从历史和现状出发，以可持续发展理念为指导，以水资源为中心，以生态环境保护为前提，以

建立高效节水防污型的经济与社会为目标，科学合理地配置水资源。西北水资源综合报告对石羊河提出的压缩灌溉面积、生态移民和适当调水的战略措施，是民勤绿洲生存的三大法宝。

4.2 第一步治理目标是遏制民勤绿洲地下水超采

若要遏制民勤绿洲地下水超采，实现第一步治理目标，需从两方面考虑：一是增加水资源，二是减少绿洲面积，尤其是减少灌溉面积，但两方面都受到限制。暂定采取生态搬迁使未来民勤绿洲人口不继续增加，维持现状27万人，按人均0.1~0.13 hm²灌溉用地，匡算灌溉面积3×10⁴~4×10⁴ hm²，工业用水按全国平均的万元产值反推，城市生活用水按全国平均定额计算，总匡算社会经济用水达到3×10⁸ m³左右。

1986年甘肃省政府批准水利厅编制的《石羊河流域水资源开发利用初步规划》，要求民勤入境水文站香家湾站平水年来水应在不少于现状年2.3×10⁸ m³的基础上有所增加；同意修建若干工程和节水等措施，力争在2000年使民勤来水量达到3.0×10⁸ m³。如果扩大景电二期调水达到1×10⁸ m³，1986年的协议可提供3.4×10⁸ m³的水资源量。这样供水3.4×10⁸ m³，用水3.0×10⁸ m³，可以满足地下水不超采的目标。因此，实现第一步治理目标，就需要有1986年规划的基本保证。

4.3 第二步治理目标是恢复民勤绿洲地下水位达到20世纪80年代初的水平

50年来民勤盆地地下水累积超采30×10⁸ m³。在第一步治理目标完成的基础上，恢复民勤绿洲地下水达到20世纪80年代初水平；第二步治理目标，每年补充地下水2×10⁸ m³，满足20世纪50年代初，石羊河香家湾水文站年平均5×10⁸ m³的水量要求，2015年前即可达到目标。西线南水北调工程建成以后，河西走廊最有条件的用水地区就是民勤绿洲，为有效地恢复地下水和改善生态环境状况提供保障。

4.4 第三步治理目标是全面建设高效节水防污型的经济与社会

在充分考虑河流生态功能的前提下，建设高效节水防污型的经济与社会是十分复杂的问题。因为，许多边界条件和约束条件都是不确定的。比如，绿洲的规模、灌溉面积和灌溉用水效率、人口控制和移民搬迁数以及许多受主观意志决定的因素。清华大学王忠静教授等提出用绿洲度的概念研

究绿洲稳定性^[7]，计算出石羊河流域适宜的绿洲面积为 $2\ 660\sim 3\ 550\text{ km}^2$ 和灌溉面积 $18.7\times 10^4\sim 25.3\times 10^4\text{ hm}^2$ 。本文用石羊河流域社会经济耗水不超过总水资源量的50%，绿洲规模缩小21%，灌溉面积缩小31%，模拟流域内四水转化，对恢复青土湖的设想模拟计算，民勤绿洲最低泉山灌区的地下水恢复过程（见图3），2017年可以回补到接近50年代初的情景，全流域社会经济用水不超过 $9\times 10^8\text{ m}^3$ （考虑进一步调水），给予生态一半的耗水，适当恢复青土湖的目标是可以达到的，建设生产发展、生态良好、生活富裕的社会^[8]。

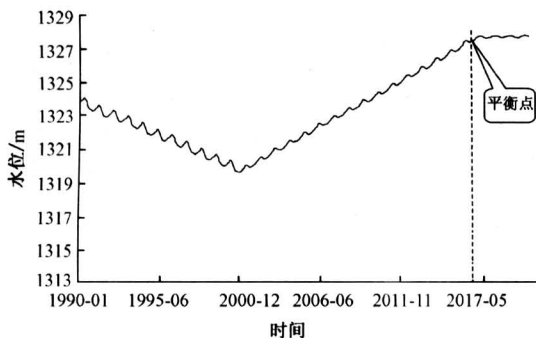


图3 民勤绿洲泉山灌区地下水位历年变化^[9]

Fig.3 Variation of underground water level of Quanshan irrigation area of the Minqin Oasis

5 实现绿洲可持续发展面临的水资源利用问题

5.1 建立合理的用水协议和运行管理机制，确保民勤绿洲生态恢复与重建

石羊河流域水资源已过度开发，如果没有上下游、左右岸兼顾生产、生活和生态的用水协议，用水各自为政，下游民勤绿洲的生存危机不可能解决。即使有了协议，如果没有建立在经济规律下的运行机制，只能束之高阁，同样也达不到目的。过去只是强调工程建设，没有从全流域的水资源合理配置考虑，没有兼顾上下游社会经济的可持续发展。因此，石羊河流域的综合治理首先是水资源的合理配置，制定上下游各行政区域的配水协议，再制定各区内的行业用水协议，建立和完善水资源统一管理的机制。

水资源管理工作没有到位，取水许可流于形式，使得分配的水量无法实现。各自为政，竞相发展灌溉面积，打井失控，灌溉用水季节无序地争水

抢水。实际上，没有一年供水达到1986年省政府批准规划的 $2.3\times 10^8\text{ m}^3$ 。向民勤调水的工程也因供水费用等原因，只输水一年就没再运行，致使民勤绿洲的生态恶化加速发展。

造成以上现象，主要是生产关系与生产力发展不相适应。因此，必须尊重西北地区的社会经济现实，采取政府宏观调控、民主协商、水市场调节相结合的途径，实现水资源的有效配置^[10]。按照总量控制以供定需的原则，水量和水质相统一，留出一定的生态水量，存放于水库和河道，再定出各灌区的合理水权，变更现有用水方式，采取买卖水权的方式，利用经济杠杆实现水资源的优化配置，用符合经济准市场规则约束水资源利用才有生命力。这是民勤绿洲未来发展的关键所在。

5.2 节水灌溉发展与水资源自然循环的关系^[11]

未来民勤绿洲和整个石羊河节水灌溉“节”到什么程度，如何实现河湖的格局不变，依靠地下水支持一部分天然植被？对此，出现两种极端的看法。一是继续加大节水力度，使各级渠道硬化，田间采取喷灌、滴灌、微灌、渗灌等各种先进的节约灌溉措施，走以色列的一次性水资源开发方式；二是现有渠道不再衬砌，废除一部分渠系，联合利用地表水和地下水，依靠地下水调节，采取水资源多次利用的模式。这是对立统一的关系^[12]，照前者做法，投资大，越到后期成本越高，经济上不合理；照后者做法，由于人口多和生产力水平低，现在还满足不了粮食等农产品以及经济发展的要求，暂时还存在较多的困难。如何协调二者的关系，是一个不容回避并且需要专门进一步研究的课题。

5.2.1 民勤绿洲和整个绿洲的灌溉规模

人工绿洲的开发是从灌溉开始，正是由于灌溉水平的提高，使得人口增加，社会经济发展。20世纪50年代，石羊河流域灌溉面积 $13.3\times 10^4\text{ hm}^2$ ，60年代初期 $16.1\times 10^4\text{ hm}^2$ ，70年代初 $20.7\times 10^4\text{ hm}^2$ ，80年代初 $24.5\times 10^4\text{ hm}^2$ ，目前 $29.2\times 10^4\text{ m}^2$ ，农田灌溉用水 $23.35\times 10^8\text{ m}^3$ （不包括草灌溉 $1.04\times 10^8\text{ m}^3$ ），按照西北水资源综合报告社会经济耗水不超过50%，假定70%的耗水率，用水总量不超过 $12.39\times 10^8\text{ m}^3$ ，未来农业用水不超过 $10.0\times 10^8\text{ m}^3$ ，也就是要在现状条件下，农业用水量要减少 $13.35\times 10^8\text{ m}^3$ 的水平。以色列的人口、水资源量、灌溉面积与石羊河流域相仿，但两者最大的不同在于以色列的灌溉用水基本是生产蔬菜、花卉等单位

用水经济价值高的产品,出口创汇,而很少生产粮食等耗水量大而价格低的农产品。如果仍以大田作物灌溉为主,只能保证 $13.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的灌溉面积,流域内人均灌溉面积 $0.06 \times 10^4 \text{ hm}^2$,目前的农业生产水平,无法满足对粮食和其他农产品的需求。甘肃省水利水电勘测设计院提出在全流域内减少 $6.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (其中民勤绿洲退耕 $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$),相当于石羊河流域人均灌溉面积 0.1 hm^2 ,灌溉用水 $4\ 485 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,这种情况下用水矛盾仍然非常突出,仅减少 $6.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 灌区,水资源供需平衡中节水压力很大。

5.2.2 农业灌溉能否节省出需要的水资源 石羊河流域减少灌溉面积 $6.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$,相应减少用水 $7 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中民勤绿洲减少用水 $2.1 \times 10^8 \text{ m}^3$,剩下 $22.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的灌溉农田仍需节水 $6.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,平均节水 $2\ 925 \text{ m}^3/\text{hm}^2$,按常规计算,现状渠系水利用系数 0.48,井灌利用系数 0.66 应分别提高 0.2 的标准^[13],满足不了用水的要求,因此,除了田间灌溉配套,仍需对农作物种植结构进行调整,进一步减少用水,才能够实现目标。

5.2.3 提高节水效率,恢复河湖生态功能 减少灌溉面积后,节水灌溉仍需要继续实行,在制定合理的水资源配置方案与限定了农业用水的总量后,实施渠道田间等各种节水措施与维护河湖基本格局,可两者兼顾。

长期以来节水灌溉的目标是把节约的水继续用于扩大灌溉面积。现在需要转变观念,把节约的水用于恢复生态。为了保证下游民勤绿洲的生态用水,上游各用水区均受分水方案的约束,全流域不仅减少灌溉面积,而且必须厉行节水,对每个用户来讲是“以供定需”,“逼迫节水”。在每个灌区内,采用科学技术充分提高用水效率,过去节水是为了扩大灌溉面积,今后节水除了维持减少了的灌溉面积外,更多地还水于生态,采取合理的农业结构提高用水的经济效益。

在退出被挤占的生态用水后,河流廊道的生态功能会逐渐恢复,河流两岸乔灌木林和河岸灌丛草甸可以自然维持,恢复天然生态系统的植物群落,才能保持生态环境的稳定和良性发展,这是人工种植所不能做到的^[8],只有这样,民勤绿洲的生存和发展才有保障。

5.3 结构调整、以粮换水和生态搬迁

民勤绿洲以至整个石羊河流域的问题在于人口

多,现状生产力条件下,超出水资源的承载力。为了缓解生存压力,拓宽思路,研究了从水资源以外但与水资源密切相关的抢救措施。

河西走廊历史上农牧交错区,调整产业结构,压缩粮食面积,压缩高耗水作物面积,扩大林草面积,扩大经济作物面积,扩大低耗水作物面积^[13]。发展以牧为主、农牧结合的生产结构是节约水资源一个重大方向,山区繁养,农区育肥在河西走廊发展畜牧产业具有独特的优势,也是本地区经济增长同时又保护生态的一个亮点。

以粮换水,恢复生态。从某种角度说,粮食是水资源的载体,多生产粮食就要多耗水,减少粮食生产实际上少用水,与中国学者最近引入的“虚拟水”(virtual water)^[14]概念的含意相同。在当前地下水严重超采和卖粮难的情况下,西北地区调减粮食产量不仅合理,而且给生态环境恢复带来机遇。按石羊河流域的用水定额, 1 m^3 水生产粮食 0.86 kg (目前西北地区的平均水平是 1 m^3 水产粮 0.58 kg)。2000 年石羊河流域粮食产量为 $100 \times 10^4 \text{ t}$,武威市为 $80 \times 10^4 \text{ t}$,民勤县为 $15.7 \times 10^4 \text{ t}$,换算成水量^①,全流域为 $11.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,武威市为 $9.3 \times 10^8 \text{ m}^3$,民勤县为 $1.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,不计其他经济作物,仅退粮一项就能在 3—5 年内恢复地下水超采的欠帐,按照现行 1 元/kg 的粮食价格上限,扣除水费、农药、化肥等生产成本的低限,农民最大获利 0.6 元/kg,为此,“以粮换水”,恢复生态,每年需补偿费用全流域为 6 亿元,武威市为 4.8 亿元,民勤县为 1.08 亿元。如果按照景电二期工程,向民勤调水的优惠价 0.30 元/ m^3 ,置换出同样水资源量的费用情况,全流域为 3.4 亿元,武威市为 2.79 亿元,民勤县为 0.54 亿元,当然民勤调水最大规模也只有 $1 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,但如果按照调水的实际成本,调水的补水效果还不如调粮的效果。可见如果调来的水用于种粮就显得更不经济。因此,明确“以粮换水”,目的就是为了恢复生态。

实施生态搬迁工程。适当减轻生态脆弱区和缓冲区内的人口压力,移民的方向大致有两个:一是祁连山区的保护区内,将牧民和部队以及机关事业单位的农场迁出水源涵养区,利用河西走廊农牧交

① 石羊河流域的总水资源为 $16.66 \times 10^8 \text{ m}^3$,而用粮食反算的耗水为 $11.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,也就是 70% 的水用于生产粮食(未计地下水超采),说明种植业结构显然不合理,也反映区域经济中粮食生产所扮演的角色。

错带的区位优势，发展农畜结合，在石羊河中游或疏勒河流域安置牧民；二是中游绿洲地区，即通过人口的城市（镇）化来安置内部移民；三是将民勤绿洲湖区的农民一部分调整到本区有水源条件并且人均耕地面积较大的灌区，另一部分依靠流域外的引大工程、疏勒河工程、黄河沿岸地区的景电、兴堡子川灌区，也可以安置移民。

总之，民勤绿洲的问题在于石羊河整个流域，这个问题的最终解决在于人们能否约束自身的行为，如果不能统管石羊河流域的地下水和地表水，如果不能统管上中下游的用水，如果不能控制灌溉面积，调整用水结构，一切努力都无法阻挡下游民勤绿洲的毁灭。为避免在民勤出现第二个“罗布泊”，当前最紧迫的任务是：全流域缩减灌溉面积、提高用水效率；控制地下水位，封井限采；防治水污染，真正发挥调水工程的效益。这些措施绝不是靠单纯的行政手段能执行的，涉及社会经济的诸多方面，因此，在这种水资源紧缺的干旱内陆区，建立在以水权水市场理论为基础的水资源配置机制，按经济规律制定可行的政策，是对生产关系的一次改革，其意义非常重大。

参考文献

- [1] 中国工程院“西北水资源”项目组. 西北地区水资源配置 生态环境建设和可持续发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2003, 5 (4): 1~26
- [2] 钱正英, 张光斗主编. 中国可持续发展水资源战略研究综合报告 [R]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001, 18
- [3] 冯绳武. 民勤绿洲的水系演变 [J]. 地理学报, 1963, 29 (3): 29
- [4] 韩德林. 新疆人工绿洲 [M]. 北京: 中国海军科学出版社, 2000, 11
- [5] 朱震达, 陈广庭. 中国土地沙质荒漠化 [M]. 北京: 科学出版社, 1994
- [6] 陈满祥. 陈满祥水文水资源论文集 [C]. 甘肃: 兰州大学出版社, 2000, 57
- [7] 王忠静, 王海峰, 雷志栋, 等. 干旱内陆河区绿洲稳定性分析 [J]. 水利学报, 2002, (7): 23
- [8] 钱正英. 西部大开发中甘肃的水资源问题 [J]. 中国水利, 2000, (6): 8
- [9] 孙雪涛. 石羊河流域水资源配置和可持续发展研究 [D]. 北京: 北京师范大学, 2003, 101
- [10] 汪恕诚. 资源水利—人与自然和谐相处 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2003, 72
- [11] 钱正英. 对河西走廊生态环境和水资源合理配置的几点认识 [J]. 中国水利, 2001, (11): 5
- [12] 李中锋, 刘昌明, 杨志峰, 等. 对中国水问题的哲学思考 [J]. 科技导报, 2002, (9): 39
- [13] 石玉林, 卢良恕主编. 中国农业需水与节水高效农业建设 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002, 97
- [14] 程国栋. 虚拟水——中国水资源安全战略的新思路 [J]. 中国科学院院刊, 2003, 18 (2): 25~28

Analysis of the Development of Water Resources of the Minqin Oasis

Sun Xuetao

(*Water-resources-in-northwest-region Task Group of Chinese Academy of Engineering
in North-west China, Beijing 100038, China*)

[Abstract] Water scarcity of the Shiyang River Basin becomes more and more severe in recent years, which has led to a rapid degradation of ecological environment and human civilization created for a long period of time in the Minqin Oasis at the down stream and has caused deep concerns of all circles of life. The paper focuses on the utilization of water resources of the Minqin Oasis in different periods, analysis of the methods of ecological environment rehabilitation and reasonable water utilization. It shows that the Minqin Oasis will be destroyed if there are no new rescuing measures, according to balance calculation of water demand and supply. The paper delivered three proposals for the sustainable development of the Oasis and adequate water recovery of the Qingtu Lake at the end of the Shiyang River.

[Key words] the Minqin Oasis; ecological environment; desertification; water resources; restructuring