

民勤盆地生态环境需水优先次序和需水量

刘金鹏^{1,2,*}, 费良军¹

(1. 西安理工大学水资源所, 陕西 西安 710048; 2. 甘肃省水利水电学校, 甘肃 兰州 730021)

摘要:北方干旱地区由于水资源短缺,全面满足所有生态类型需水要求几乎是不可能的。因此提出应基于各生态类型的生态服务价值进行不同类型生态环境需水优先次序的划分,结合区域水资源及生态环境特点,优先满足生态服务价值高的生态类型需水要求,这将具有重要的现实意义。按照上述理论,将民勤盆地生态功能区和生态环境需水类型需水优先次序进行了划分,并根据盆地实际情况,制定了各生态环境需水类型需水量的需水原则。通过分析,认为目前民勤盆地首要满足的是绿洲边缘的防风固沙林带和盆地地下水水位恢复两项生态环境需水类型所需水量。根据计算结果这两项合计为 $1.4682 \times 10^8 \text{ m}^3$,其中防风固沙林带生态环境需水量为 $1.077 \times 10^8 \text{ m}^3$,用于地下水水位恢复的人工补给回灌量为 $0.3912 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。并通过与相关研究结果比较,认为本次计算结果趋于合理。

关键词:生态环境需水类型;生态环境需水量;民勤盆地

文章编号:1000-0933(2009)09-4911-07 中图分类号:Q14,X24 文献标识码:A

Ecological environment water requirement priority and ecological environment water demand in MinQin Basin

LIU Jin-Peng^{1,2,*}, FEI Liang-Jun¹

1. Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China

2. Gansu Water Resources and Hydropower School, Lanzhou 730021, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4911 ~ 4917.

Abstract: Based on ecological value of each ecological environment water requirement functions, this paper proposed that it should classify water requirement priorities of the ecological water requirement type to meet the character of water shortage in arid region. According to this theory, with studied on Minqin Basin ecological problems, it planned the principle of water requirement of every ecological environment type. Then after determined the priorities to every type, this paper suggested that the current problem is to meet the water requirement of the sand shifting control forests living at the edge of oasis and the grounder water level rising in basin. And calculated these two types' water demands quantity was $1.4682 \times 10^8 \text{ m}^3$, which the living of sand shifting control forest demand $1.077 \times 10^8 \text{ m}^3$, the recovery of artificial recharge groundwater demand $0.3912 \times 10^8 \text{ m}^3$. And compared with the relevant research results finally, it pointed that this calculation results was reasonable.

Key Words: ecological environment water requirement types; quantity of ecological environment water requirement; Minqin Basin

随着人口增长和社会经济发展,人类活动对生态环境的影响越来越大,由此引发的生态环境问题也日益突出,就制约我国社会经济可持续发展的水土流失、森林破坏、草场退化、河流断流及湖泊干涸等重大生态环境问题而言,直接或间接地与水资源配置过程中仅重视生产和生活用水,而忽视生态环境保护与建设对水资

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50579064)

收稿日期:2008-10-19; 修订日期:2008-11-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liujp03@lzu.cn

源的需求有关。因此,合理确定生态环境需水已成为水资源优化配置和生态环境保护与建设中亟待解决的热点问题^[1,2]。近年来,关于生态环境需水研究的论文层出不穷,并取得了一些阶段性研究成果。然而,不论是国外还是国内,因为研究区域的差异,对有关生态环境用水概念的界定、类型的划分和计算方法等基础理论均不统一,难以在水资源优化配置和生态环境建设的实践中得到应用。因此,加强适合区域特点的生态环境用水概念、分类、计算方法等基础理论的研究是发展资源水利、可持续发展水利的迫切需要,也是实现人与自然和谐共处理念的迫切需要。本文拟通过综合考虑生态环境区域性差异,根据不同的自然地理条件、水资源与生态环境状况以及社会经济发展状况,合理划分生态环境需水类型区,并针对不同类型区的特点,确定生态环境需水量的计算原则与方法,形成一套适合区域生态环境特点的研究方法。

1 研究区概况

民勤盆地位于石羊河下游,西、北、东三面被巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠所包围,南面沿石羊河两岸的绿洲与武威绿洲连接。地理位置 $103^{\circ}03' \sim 104^{\circ}03' \text{E}$, $38^{\circ}05' \sim 39^{\circ}06' \text{N}$ 。绿洲面积约 $2.4 \times 10^3 \text{km}^2$,约占全区土地总面积的 15%。气候特点为:干燥、降水稀少、蒸发强烈、风大沙多、气候环境十分恶劣;年平均气温 7.6°C ,年平均降水量为 115.41 mm,主要集中在 7~9 月份,占年平均总降水量的 60% 以上;年平均水面蒸发量为 2664mm。

近半个世纪以来,石羊河上游修建水库,拦截了有限的水资源,使进入民勤盆地的地表水比 20 世纪 50 年代几乎减少了 80%;民勤为了发展经济被迫超量开采地下水,造成地下水位下降,水质恶化。近 20 年来,民勤盆地局部地区地下水位以 0.6m/a 的速度下降,地下水的矿化度以 $0.1\text{g}/(\text{L} \cdot \text{a})$ 的速度增加。地下水位下降,大面积的植被因缺水而衰败死亡,沙丘活化,流沙移动加速,土地退化,沙尘暴频发;湖区土地盐渍化严重,大面积的耕地弃耕;绿洲内部农田防护林残缺不全,抵御风沙危害的功能不强,农业“十年九灾”,居民生活经常受到风沙侵扰,生命财产受到严重的威胁。为保护民勤盆地不再产生更加严峻的生态问题,国家有关部门以及许多专家学者对民勤盆地生态问题进行了大量的研究,最终认为生态缺水、人类的不合理生产行为是导致生态环境质量下降的主要因素之一^[3~5]。因此,对民勤盆地的生态治理已经到了刻不容缓的地步。

2 研究方法

对于民勤盆地生态环境需水研究,应结合盆地的生态环境特点合理定义和科学划分需水类型。生态环境需水的概念至今尚未有明确统一的定义,学者们多是根据研究对象的具体情况和见解对其进行界定^[6]。“中国可持续发展水资源战略研究报告”指出,广义上说,生态环境需水量可被认为是维持全球生物地理生态系统水分平稳所需的水量,包括水热平衡、水沙平衡、水盐平衡及其他;狭义地讲,生态环境需水可以看作是维护生态环境不进一步恶化并有所改善所需要的水资源总量,包括为保护和恢复天然植被及生态环境的用水量。广义的概念对于研究不同尺度的水资源系统和考虑各种系统的功能及其相应的物质运动较为适用;狭义的概念则指径流性水资源中为使生态环境不再恶化并逐步改善而需要消耗的水资源总量。从水资源管理角度出发,生态环境需水一般应指后者。狭义的生态环境需水概念更适用于水资源供需矛盾突出和生态环境相对脆弱的干旱、半干旱地区以及季节性干旱的半湿润区的生态环境恢复。

按照这一定义框架,结合研究区水资源特点和生态环境现状,本文认为民勤盆地生态环境需水量为:维护盆地生态环境现状不进一步恶化,以盆地生态环境生态服务价值高低程度划分的需水优先次序为依据,进行逐步治理和恢复达到某一生态目标时所需的水量。因此,本文研究方法如下:首先对民勤盆地生态功能区进行划分,其次,按照各功能区的实际情况确定生态环境需水类型,并依据其生态服务价值进行治理过程的优先次序排列,最后进行生态环境需水量计算。

2.1 生态功能区划分

民勤盆地各区域水分条件差异很大,植被状况各不相同,所发挥的生态功能各异,按照各生态类型对水资源的需求和水资源供应状况,将民勤盆地划分为四大生态功能类型区,即:Ⅰ绿洲生态功能类型区、Ⅱ绿洲边缘生态功能类型区、Ⅲ固定-半固定沙丘生态功能类型区、Ⅳ流动沙丘生态功能类型区^[3]。各生态功能类型区

主要特征如表 1 所示。

表 1 民勤盆地生态功能类型区特征
Table 1 Character of ecological functions in the Minqin Basin

生态功能类型区 Types of ecological function zones	主要植被 Major vegetation	水分条件 Water Condition	生态功能 Ecological function	特点 Character
绿洲生态功能类型区 Ecological function zones of Oasis	农作物:小麦、玉米、棉花、瓜类等;农田防护林:二白杨、沙枣等 Crops: wheat, corn, cotton, melons, etc; Farmland shelter-belt: Poplar, Elaeagnus angustifolia, etc.	主要依靠灌溉 Mainly rely on irrigation	保护农田、调节小气候 Protection of farmland and regulating micro-climate	作物季节性较强;树种单一、残缺率较高 Crops was strong seasonal; and tree species was single and incomplete
绿洲边缘生态功能类型区 Ecological function zones of Oasis edge	人工:梭梭、柠条、沙拐枣等;天然:白刺、怪柳等 Artificial: Haloxylon ammodendron, Coragana korshinskii, Calligonum mongolicum, etc; Natural: Nitraria tongutorum, Tamarix taklmakanensis, etc.	地下水位一般在 8m 以下,接近农田处植被良好 undergrounder water table is generally below 8m, the vegetation has a good cover near to farmland	防风固沙,绿洲的天然屏障 Have a role in Sand-fixing and natural barriers of oasis.	退化严重 Severely degraded
固定-半固定沙丘生态功能类型区 Ecological function zones of Fixed-semi-fixed dunes	红砂、沙蒿、白刺、骆驼蓬等 Reaumuria, Artemisia, Nitraria tongutorum, Peganum harmala, etc	主要依靠大气降水,地下水位在 5 ~ 24m Mainly depend on atmospheric precipitation, groundwater levels in the 5 ~ 24m	具有一定的沉降风沙作用 Has a certain role in settling sand	放牧过度,固定沙丘活化严重 Fixed dunes has activation own to overgrazing
流动沙丘生态功能类型区 Ecological function zones of quicksand dunes	白刺、怪柳等 Nitraria tongutorum, Tamarix taklmakanensis, etc.	主要依靠大气降水,地下水位在 8 ~ 18m Mainly depend on atmospheric precipitation, groundwater levels in the 8 ~ 18m	风沙源区,植被的存在可以减少风沙危害 Sand-storm source areas, the presence of vegetation can reduce the hazards of sand storms	植被少,流沙活动强烈 Quicksand activities severely because of vegetations less

根据文献 3 修改 According to the reference [3] changes

2.2 生态环境需水类型确定

目前,生态环境需水类型根据国内外的研究,往往划分为以下几个类型:即从空间尺度上定义的广义和狭义生态环境需水量;从人类的可控性划分的可控性生态环境需水和不可控性生态环境需水;根据需水的区域位置划分的河道内和河道外生态环境需水以及根据生态系统形成的原动力划分的天然和人工生态环境需水等等^[7~9]。

根据上述原则以及研究区的实际生态功能区划分结果,将研究区生态环境需水类型划分为如下:即:天然植被生态环境需水类型;防风固沙林带生态环境需水类型;地下水位恢复补给需水类型;盐碱地改良生态环境需水类型;河道维持生态平衡的基流量类型;城镇景观生态环境需水量类型;农田防护林生态环境需水类型。

2.3 不同生态环境需水类型优先次序的确定

本文认为,生态环境需水各相关类型与社会经济系统中的各用水部门一样,根据其作用的大小和重要程度,具有相应的用水优先次序。各生态类型的重要程度体现在其生态服务价值上。

生态系统服务是指人类通过生态系统的各种功能直接或间接得到的产品和服务。包括产品、燃料、气候调节、水调节、洪水控制以及非物质资产如文化、艺术。生态系统服务功能是指生态系统与生态过程所形成与维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[10,11]。由于生态系统服务的经济价值不能完全在商品市场得到反映,通常在决策中给予太小的权重,这种对生态系统服务的忽略可能最终危及生物圈的可持续性。研究表明^[12],生态价值的定量评估不仅是可能的,而且是高效、合理配置竞争性需求的环境资源的基础。在水资源短缺的北方干旱地区,生态环境需水与经济需水相互竞争,仅考虑水资源的经济价值,不考虑水资源的生态价

值,必然导致经济需水挤占生态环境需水。只有对水资源的生态价值和经济价值统一权衡,使整个系统综合效益最大,才能使生态系统良性循环,支持社会经济可持续发展。因此本文提出应基于各生态类型的生态服务价值进行不同类型生态环境需水优先次序的划分,这对水资源短缺的干旱、半干旱地区生态用水的合理配置和生态环境的科学治理具有重要的现实意义。

本次研究,不计算生态服务价值的具体量化结果,仅仅对盆地各生态类型的生态服务价值进行排序,采用方法为专家打分法。由于研究区水资源极其短缺,因此,专家打分是基于以下原则:第一、必须首先维护和保证绿洲生态面积不再缩小,即首先要满足绿洲边缘用以保护绿洲各生态类型需水量;第二、在满足第一项用水的前提下,逐步改善绿洲内部的生态状况;第三、在前两项生态状况恢复到一定目标后,逐步改善绿洲外部的生态环境。根据打分结果研究区生态用水优先次序为:防风固沙林带生态环境需水→地下水位恢复补给需水→农田防护林生态环境需水→盐碱地改良生态环境需水→河道维持生态平衡的基流量→城镇景观生态环境需水量→天然植被生态环境需水。

2.4 不同类型生态环境需水计算原则

有关各生态类型需水量计算方法已有很多研究成果。具体到不同地区和流域却体现出不同的特色,但其总的思路和原则基本上一致^[8,13]。根据本研究区域的特点,本文生态类型的需水量计算原则如下:

(1) 防风固沙林带生态环境需水量 根据各防护灌木和乔木蒸腾实验数据计算林带生态环境需水量。

(2) 天然植被生态环境需水量 根据植物生长与环境因子关系模型和植物生理需水的实验数据,对不同生态分区的不同盖度、不同地下水位埋深的不同植被群落计算其植物蒸腾和潜水蒸发,从而求出生态环境需水量。

(3) 农田防护林生态环境需水 方法与防风固沙林带生态环境需水量计算方法相同。

(4) 地下水恢复补给量 以地下水恢复到某一水位所需的水量为计算标准。

(5) 盐碱地改良生态环境需水量 以改良盐碱地的淋盐定额为依据进行计算。

(6) 河道维持生态平衡的基流量 以河道维持生态平衡(如水沙平衡、最小自净水量等)的最小基流量为计算标准。

(7) 城镇景观生态环境需水量 以景观维持正常适宜的需水定额为依据进行计算。

由于研究区水资源短缺十分严重,因此全面满足所有生态类型的需水量几乎是不可能的。只能按照需水的优先次序,结合研究区 2020 年前生态治理措施,确保部分生态类型的需水得以保证。原则为:①对于研究区天然植被生态环境需水暂不予计算,第一、目前重点保护的是绿洲面积不再缩小;第二、目前没有富裕的水量对天然植被进行灌溉;第三、有研究表明只要对天然植被区进行封育措施,在自然条件下天然植被将得到逐步恢复;②对于盐碱地改良生态环境需水不予计算,理由为:第一、研究区盐碱地面积较小,但所需淋盐水量估计较大。对水资源极其贫乏的研究区而言较不合算。第二、盐碱地只需种植一些耐盐植物,仅依靠天然降水和少许地下水即能起到防风固沙作用;③对于河道维持生态平衡的基流量不予计算,理由为:石羊河在进入研究区后经红崖山水库拦蓄后下游几乎没有河川径流;其次,按照《甘肃省石羊河流域综合治理规划》要求,研究区工业污水治污率将达到 100%,因此不存在河水自净的要求;④对于农田防护林生态环境需水不予计算,理由为:农田防护林地处于农田边缘,农田灌溉侧渗水即可满足生长要求;⑤对于城镇景观生态环境需水量,可根据国内外一些成功的经验将城镇生活污水经过处理后加以利用,所以在本次研究中也未考虑单独计算;⑥绿洲边缘的防风固沙林带是保护绿洲的首要屏障,其重要性毋庸置疑;⑦盆地地下水水位是绿洲各种植被得以生长和生存的根本依靠,也是遏制盆地生态退化的主要因素,因此,基于目前盆地面临的主要生态问题,后这两项需水量必须得以保证。所以在后面的计算中,仅将这两项作为盆地生态环境需水量计算内容。

2.5 民勤盆地生态环境需水量计算

2.5.1 防风固沙林带生态环境需水量

计算方法为:不同沙旱生植物的年单株蒸腾量乘以单位面积沙旱生植物的植株数量即为该植物的年蒸腾

量,再减去区域有效降水量即为该植物的年生态环境需水量:

$$Q_0 = \sum_j^i (D_0 \times N_0) \tag{1}$$

$$Q = S(Q_0 - P_0) \tag{2}$$

式中, D_0 为不同沙旱生植物的单株年蒸腾量; N_0 为单位面积沙旱生植物的植株数量; S 为沙旱生植物的计算面积; Q 为植物的年生态环境需水量; P_0 为区域有效降水量。

根据民勤治沙综合试验站的相关研究,民勤绿洲防风固沙林带宽度约为 200m 时,可以达到良好的防护效果。防风固沙植物应以混交方式为宜,且混交密度以 1800 株/hm²最为适宜,其中梭梭林以 600 株/hm²为宜、沙拐枣以 495 株/hm²为宜、其他以 705 株/hm²为宜。各防风固沙旱生植物的植株蒸腾量如表 2 所示。按照民勤盆地历年降雨有效性分析,大于 10mm 的降雨为有效降雨,总量为 0.35 × 10⁸ m³,按此计算民勤绿洲边缘防风固沙林带生态环境需水量为 1.077 × 10⁸ m³。此结果与有关研究结果比较后,计算值更适合研究区干旱特征情况,与其他研究结果比较原因如表 3 所示。

表 2 防风固沙植物植株蒸腾量
Table 2 the transpiration of sand shifting control vegetables

类型 Type	梭梭 <i>Haloxylon ammodendron</i>	柠条 <i>Coragana korshinskii</i>	沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	怪柳 <i>Tamarix taklmakanensis</i>	白刺 <i>Nitraria tongutorum</i>
蒸腾量(m ³ /per tree) Transpiration volume	1.138	1.312	0.726	0.95	0.60

表 3 各研究结果比较
Table 3 the comparison of each research result

研究出处 Reference from	文献 3Reference 3	文献 9Reference 9	本研究
结果 Result(10 ⁸ m ³)	1.49	1.20	1.077
差异原因 Differences in the reasons for	考虑范围较广 Take account of farmland shelterbelt	没充分考虑各植被类型适宜栽 种数量 Did not fully take into account the number of different vegetation types suitable for cultivation	仅以绿洲边缘防护林为研究对象且充分 考虑各植被类型适宜栽种数量 Only take the protection forest of Oasis edge for the study and take full account of the number of different vegetation types suitable for cultivation

2.5.2 地下水恢复补给量

以地下水恢复到某一水位所需的水量为计算标准。计算方法如下:

$$W = \sum (S_i \times H_i) u_i \tag{3}$$

式中, S_i 为某一地下水位值所对应的土地面积; H_i 为现状地下水位值与恢复目标水位值之差; u_i 为给水度。但是,根据这一公式所计算出的结果与实际情况有较大的差距。主要是因为盆地地下水位变化差异很大(如表 4 所示),因此,本文认为应以盆地多年平均地下水超采量作为每年恢复补给量,具体控制指标以多年平均地下水下降速率为标准。这一理论已有文献研究表明是可行的^[4]。计算公式如下:

$$W = \sum (S_i \times v_i) u_i \tag{4}$$

式中, v_i 为相应区域多年平均地下水下降速率。根据表 5 有关数据计算得到民勤盆地平均每年所需地下水补给量为 1.2234 × 10⁸ m³。

因为地下水补给渠道是多方面的,所以上述计算结果应是各补给量之和。而本文所确定的重点是除自然补给量之外的人工地下水恢复补给量。计算原理为:上述总补给量减去各种天然补给量、各种人类活动结果产生的直接补给量和开采量即为人工补给量。结合区域实际情况,民勤盆地地下水各种补计量计算公式

如下:

$$Q = (Q_{\text{降水}} + Q_{\text{渠渗}} + Q_{\text{田渗}} + Q_{\text{侧渗}}) \tag{5}$$

$$Q_{\text{人工}} = W - Q - Q_{\text{开采}} \tag{6}$$

式中, Q 为补给量; $Q_{\text{降水}}$ 为降水及凝结水入渗补给量; $Q_{\text{渠渗}}$ 为渠系入渗补给量; $Q_{\text{田渗}}$ 为田间灌溉水入渗量; $Q_{\text{侧渗}}$ 为地下水侧向径流流入量; $Q_{\text{人工}}$ 为人工补给量; $Q_{\text{开采}}$ 为地下水开采量, 本文指用于生活用水的地下水开采量。

根据盆地实际情况研究结果, 降水及凝结水入渗限于埋深小于 5m 的地段, 入渗补给量为有效降水或年凝结水层厚度与相对应的土地面积之积。此项计算结果为 $273.844 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。按盆地用水规划, 从现状年起将停止地下水开采用于灌溉, 地下水开采仅仅用于满足生活用水。因此盆地用水来源主要有两部分组成, 即红崖山水库取水和调水工程调水。本文以 2005 年区首引水量为计算值基准, 当地地表水利用系数取值 0.492, 所得渠系入渗补给量结果为 $4330.584 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。从节水角度出发, 本文根据部分研究结果推荐民勤盆地宜采用膜下灌溉和调整种植结构相结合的措施用于农业生产。据此计算民勤盆地规划 4.169 万 hm^2 的灌溉面积所需水量为 1.1194 亿 m^3 。根据民勤泉山灌溉实验资料, 包气带吸收量为入渗水量的 5%, 田间水灌溉利用系数为 0.8, 以此计算田间灌溉水地下水入渗补给量为 $2126.86 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。侧向入渗补给量计算原则为将研究区域入渗补给侧划分为几个区段, 以各区段的导水系数、水力坡度、区段长度以及断面线与地下水位线夹角的乘积结果表示补给量。侧向入渗补给量计算结果为 $3545.94 \times 10^4 \text{ m}^3$ [14]。综合上述结果, 盆地地下水天然补给量为 $10277.268 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。按石羊河流域水资源规划分配方案民勤盆地生活用水主要来源于地下水开采, 开采量为 $1955 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。所以, 民勤盆地为恢复地下水位逐步回升需要人工补给量为 $0.3912 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

3 结果分析

综合上述结果, 民勤盆地用于绿洲边缘防风固沙林带生长需要的生态环境需水量为 $1.077 \times 10^8 \text{ m}^3$, 用于地下水位恢复的生态环境需水量(人工补给回灌量)为 $0.3912 \times 10^8 \text{ m}^3$, 每年需要 $1.4682 \times 10^8 \text{ m}^3$ 生态环境需水量。根据石羊河流域总体规划, 民勤盆地 2020 年可利用水资源量将达到 $2.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。因此本文计算的生态环境需水量在可利用水资源量所占的比例分别为 49.4%。根据刘昌明等 [15] 研究认为, 西北内陆河流域生态环境需水量应占总水资源量的 50% 左右(刘昌明等人计算的西北内陆河流域生态环境需水量包括了以下几部分: 即: 河流基本生态环境需水量; 恢复地下水的生态环境需水量; 河流湖泊蒸发散需水; 河道外生态环境需水, 包括有林地和草地等。这 4 部分生态环境需水量总和占水资源总量的 50% 左右)。与该结果比较需要说明的是: 第一、文献 [15] 所指的水资源总量范围较广, 本文仅指径流性质的地表水资源; 第二、本文所计算的结果所涵盖的需水类型较少, 但所得需水比例较高, 进一步说明了民勤盆地生态环境现状极其恶劣, 恢复和治理难度较大。

4 结论及讨论

- (1) 目前民勤盆地所面临的问题最主要的是生态治理和恢复问题, 因此保证生态环境需水显得尤为重要。
- (2) 根据盆地生态类型的生态服务价值, 确定了盆地各生态环境需水类型的需水优先次序, 并认为防风

表 4 2000 年民勤盆地不同地下水埋深面积

Table 4 The areas relate to different level of grounder water in 2000

地下水埋深 under grounder water level (m)	0 ~ 3	3 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 50
分布面积 area(km^2)	55.90	46.06	467.14	1427.42	217.41

表 5 各分区地下水位下降速率

Table 5 The decrease speed of grounder water in the region

分区 Region	环河 Huanhe	坝区 Baqu	泉山 Quanshan	湖区 Huqu
面积 area(10^6 m^2)	295	570	517	731
给水度 Degree of water supply	0.10	0.20	0.11	0.99
下降速率 decrease speed(m/a)	0.30	0.35	0.60	0.60

因区域所处位置独特, 昌宁区不在计算之列 Chang ning region was not take into account for its special location

固沙林带生态环境需水类型及恢复地下水位生态环境需水类型需水量必须优先得以保证。

(3) 根据计算结果目前民勤盆地生态环境需水量为 $1.4682 \times 10^8 \text{ m}^3$, 约占可利用水资源总量的 50% 左右。通过与文献^[15]研究结果的分析, 进一步说明了民勤盆地生态环境现状的恶劣。

(4) 本次研究的需水结果是以 2020 年为界限, 至 2020 年以后, 由于地下水位的不断恢复, 盆地生态环境状况将发生相应的变化。因此在规划期满以后, 盆地生态环境需水量研究应逐步面向盐碱地治理、绿洲边缘相应区域的天然植被等生态类型。

(5) 基于生态服务价值的生态环境需水类型优先次序划分也有一定的缺陷, 比如相同特征的生态类型在不同区域其生态服务价值有所不同, 因此如何结合区域特点准确量化生态服务价值, 还需深入研究。

References:

- [1] Feng H L, Xia J, Zhan C S. Advances on Ecological and Environmental Water Requirement Research. *Progress in Geography*, 2003, 22(6): 591—598.
- [2] Ni J R, Cui S B, Li T H. On water demand of river ecosystem. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2002, (9): 14—21.
- [3] Ji Y F, E Y H, Yang Z H, A F B. Study on the Ecological Functional Divisions and Ecological Water Consumption in the Minqin Basin. *Arid Zone Research*, 2008, 25(1): 10—14.
- [4] Song M W, Zhang R Z, Li Z L. Evaluation on Water Required for Ecology and Environment of River Systems in Shiyanghe Basin. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007, 21(5): 137—141.
- [5] Ding H W, Wang G L, Huang X H. Runoff Reduction into Hongyashan Reservoir and Analysis on Water Resources Crisis of Minqin Oasis. *Journal of Desert Research*, 2003, 23(1): 84—89.
- [6] Wang X Q, Liu C M, Yang Z F. Research advance in ecological water demand and environmental water demand. *Advances In Water Science*, 2002, 13(1): 84—89.
- [7] Zuo Q T. Study on Vegetation Ecological Use for Water Resources in Arid and Semiarid Region. *Journal of Soil Water Conservation*, 2002, 16(3): 114—117.
- [8] Zhan L, Dong Z C, Zhao B. Method for estimating ecological water requirement of natural vegetation in arid area. *Advances In Water Science*, 2003, 14(16): 745—748.
- [9] Xu X Y, Ding G D, Sun B P, Zhao M, J H X. Ecological Water Requirement of Major Sand Shifting Control Forests in Minqin Oasis of Lower Reaches of Inland River. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2007, 21(3): 144—148.
- [10] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253—260.
- [11] Degroot, Wilson and Boumans. A typology for the description, classification, and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 2002, 41(3): 393—420.
- [12] Wilson, Matthew A. and Stephen R. Carpenter. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the united states 1971—1997. *Ecological Applications*, 1999, 9(3): 772—83.
- [13] Jia B Q, Ci L J. The primary estimation of water demand by the ecoenvironment in Xinjiang. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(2): 243—250.
- [14] Wei H. Study on Water Resources Carrying Capacity in MinQin Basin. Master Paper. Lanzhou. Lanzhou University, 2004.
- [15] Liu C M, Wang X L, Li L J. The ecological environment construction region configuration in north-west and eco-environmental water demand study. *China Water Resources*, 2003(9): 37—39.

参考文献:

- [1] 丰华丽, 夏军, 占车生. 生态环境需水研究现状和展望. *地理科学进展*, 2003, 22(6): 591~598.
- [2] 倪晋仁, 崔树彬, 李天宏. 论河流生态环境需水. *水利学报*, 2002, (9): 14~21.
- [3] 纪永福, 俄有浩, 杨自辉, 安富博. 民勤盆地生态功能类型区划分与生态用水分析. *干旱区研究*, 2008, 25(1): 10~14.
- [4] 宋明伟, 张仁陟, 李宗礼. 石羊河流域河流系统生态环境需水量概算. *水土保持学报*, 2007, 21(5): 137~141.
- [5] 丁宏伟, 王贵玲, 黄小辉. 红崖山水库径流量减少与民勤绿洲水资源危机分析. *中国沙漠*, 2003, 23(1): 84~89.
- [6] 王西琴, 刘昌明, 杨志峰. 生态及环境需水量研究进展与前瞻. *水科学进展*, 2002, 13(7): 506~514.
- [7] 左其亭. 干旱半干旱地区植被生态用水计算. *水土保持学报*, 2002, 16(3): 114~117.
- [8] 张丽, 董增川, 赵斌. 干旱区天然植被生态环境需水量计算方法. *水科学进展*, 2003, 14(16): 745~748.
- [9] 徐先英, 丁国栋, 孙保平, 赵明, 金红喜. 内陆河下游民勤绿洲主要防风固沙植被生态环境需水量研究. *水土保持学报*, 2007, 21(3): 144~148.
- [13] 贾宝全, 慈龙骏. 新疆生态用水量的初步估算. *生态学报*, 2000, 20(2): 243~250.
- [14] 魏红. 民勤盆地水资源承载力研究. 硕士论文. 兰州: 兰州大学. 2004.
- [15] 刘昌明, 王礼先, 李丽娟. 西北地区生态环境建设区域配置及生态环境需水量研究. *中国水利*, 2003(9): 37~39.