

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2010.04.002

南水北调中线工程受水区生态补水目标及优先级研究

张丽丽^{1,2},殷峻暹²

(1.河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098;2.中国水利水电科学研究院水资源研究所,北京 100038)

摘要 :立足于南水北调中线工程生态补水调度的实际需要,以南水北调中线工程受水区水资源三级区为基本单元,从生态条件、水文条件以及人类活动影响等方面构建评价指标体系,对水资源三级区进行生态水文分级,为研究中线受水区生态补水目标及优先级别提供依据;在分析生态补水目标确定原则的基础上,依据南水北调中线工程生态补水方式,初步界定中线工程生态补水对象主要有三类:湿地、地下水、河流,最后根据水资源三级区生态水文分级结果,确定南水北调中线工程受水区生态补水目标及优先级别。

关键词 :南水北调中线工程;生态补水;生态水文分级;生态调度

中图分类号 :X171.1 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-6933(2010)04-0004-04

Targets and priorities of ecological water supplement in water-receiving region of middle route of South-to-North Water Diversion Project

ZHANG Li-li¹, YIN Jun-xian²

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Department of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract :Based on the ecological water supplement operation requirements for the water-receiving region of the middle route of the South-to-North Water Diversion Project (MR-SNWDP), and considering the third grade zone according to the Water Resources Regionalization in the water-receiving region in the MR-SNWDP, an evaluation index system was established that takes into account ecological conditions, hydrological conditions, and the impact of human activities, and eco-hydrological classification was conducted in the third grade zone of water resources. The classification of the third grade zone of water resources provided foundations for determining the targets and priorities of ecological water supplement. On the basis of analysis of the principle of determining the ecological water supplement targets, three types of supplement objects, wetlands, groundwater, and rivers, were preliminarily defined according to the modes of ecological water supplement in the MR-SNWDP. The targets and priorities of the ecological water supplement were finally determined according to the classification results of the third grade zone of water resources in the MR-SNWDP.

Key words :middle route of South-to-North Water Diversion Project (MR-SNWDP); ecological water supplement; eco-hydrological classification; ecological operation

1 研究背景

南水北调中线工程的主要供水区域是黄淮海平原,属于北方严重缺水地区之一。南水北调中线工程穿越长江、淮河、黄河、海河 4 个流域,影响北京、天津、河北、河南 4 省(直辖市)的 100 多个城市,输

水总干渠全长 1 432 km,受水区面积为 15.5 万 km²。中线工程从长江中游最大支流汉江的丹江口水库引水,年均可调水 95 亿 m³。其主要供水目标是城市生活和工业用水,兼顾农业和生态用水。王政祥等^[1]对汉江水源区与唐白河、淮河、海河南北系受水区丰枯遭遇分析表明,水源区与各受水区同丰、同枯

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划(2006BAB04A07、2008BAB29B08),水利部“948”项目(200737)
作者简介:张丽丽(1983—),女(蒙古族),内蒙古赤峰人,博士研究生,研究为水文水资源及生态调度。E-mail:zhangliliyu90@163.com

概率较小,能发挥调水效益的丰枯遭遇概率在 67%~82% [韩宇平^[2]]等对中线水源区与受水区丰枯遭遇分析表明,自南向北能发挥调水效益的频率从 61.0%增加到 77.0%,而同丰、同枯遭遇几率沿程逐渐减小。上述研究表明,在水源区水资源比较充沛时,利用丹江口水库富余水量可相机补充受水区生态用水,尤其在南水北调中线工程运行初期,受水区配套工程未完全实施达效之前,北调水在满足城市生活和工业用水后,有部分水量可用于改善受水区的生态环境,减少地下水超采,实现对地下水回补。因此,南水北调工程是缓解我国北方水资源严重短缺、优化水资源配置、改善生态环境的战略性基础设施。

在南水北调中线工程受水区范围内,长期的地下水超采使得局部地面沉降、地面塌陷、地裂缝等地质灾害多有发生。据统计,截止 2006 年,河南省浅层地下水超采面积约 1.75 万 km²,河北省浅层地下水超采面积约 3 万 km²,北京市地下水超采区面积约 5 659 km²,天津市地下水超采面积区 8 000 余 km²。河北省中线工程供水区沉降大于 300 mm 的面积达 15 224 km²,海河流域已发现地裂缝 200 多条^[3]。平原区河道干涸,湖泊洼淀面积萎缩,地表植被退化、风沙加剧。20 世纪 50~60 年代,华北平原分布着 200 多个湖泊洼淀,面积超过 10 000 km²。而现今,除白洋淀和部分洼淀修建成水库外,大部分洼淀都已退化或消失,即使加上 30 多座大型水库和 100 多座中型水库,湿地面积仅剩 2 000 多 km²^[4]。素有“华北明珠”之称的白洋淀,自 20 世纪 50 年代以来,已发生干淀 15 次^[5]。因此,南水北调中线工程受水区急需生态补水的目标多、范围广,而在生态可调水量相对不足的情况下,如何科学识别出重点生态补水对象,对于使有限水量发挥最大的生态效益意义重大。

鉴于此,立足于南水北调中线工程相机生态补水的实际需要,笔者以水资源三级区为基本单元,建立评价指标体系,通过 ArcGIS 自动分级,分析南水北调中线工程受水区生态水文级别,结合中线工程生态补水方式与工程条件,确定南水北调中线工程生态补水目标及优先级别,为南水北调中线工程实施生态补水调度提供理论基础和科学依据。

2 水资源三级区生态水文分级

2.1 生态水文分级评价指标体系

指标体系是进行生态水文分级的理论基础和操作依据,指标体系的确定应该尽可能地体现研究区域生态水文的分异规律。根据南水北调中线工程受水区的地势、气候、水文以及人类活动影响等特征,

通过对研究区域生态与水文相关因素分析,并参考构建生态水文分区指标体系相关研究成果^[6-7],同时考虑指标收集的难易程度和完整性,选取三类生态水文分级指标:生态条件、水文条件以及人类活动影响。具体指标体系见表 1。

生态条件:自然条件下,生态系统主要由气候、地势、植被、土壤等因素决定。因此,选取森林覆盖率、草地覆盖率、年日照时数与年均温度等指标来反映生态系统状况以及存在的生态问题。

水文条件:水文条件一直是影响生态系统健康的首要因素,水是一切生物生存必备的基本条件之一,体现在对植被(植物生态系统和动物生境)的作用上,也就是植被由降水和蒸发等水分条件决定,并受地下水和径流深度的影响。

人类活动影响:众多因水资源匮乏引起的生态环境问题大多是由于人类过度开发利用水资源、使得生态系统可用水量减少造成的。所以,人类活动强度影响水资源开发利用强度是生态水文系统形成空间差异的一个重要原因。因此,可以采用人口密度、人均用水量等指标来表征人类活动对生态水文系统的影响。

表 1 南水北调中线受水区水资源三级区生态水文分级指标体系

准则层	生态条件	水文条件	人类活动影响
指标层	森林覆盖率(%)	年降水量(mm)	人口密度(人/hm ⁻²)
	草地覆盖率(%)	年蒸发量(mm)	人均生产用水(m ³)
	年日照时数(h)	径流深度(mm)	人均生活用水(m ³)
	年均温度(℃)		

2.2 生态水文分级数据处理

南水北调中线工程受水区涉及 13 个水资源三级区,具体分布见图 1。森林覆盖率和草地覆盖率分别由 1:250 万土地利用电子地图得到。年降水量、年蒸发量、径流深度、年日照时数和年均温度均采用研究区域内气象台站 1956~2000 年的观测数据,在 ArcGIS 下利用 Kringing 球型函数插值成 1:250 万栅格图,然后利用重分类功能进行分类,并以水资源三级区为单元进行统计。人口密度和用水数据根据水资源综合规划统计资料经计算得到。

2.3 评价结果

以生态条件和水文条件为第一分级指标,以人类活动影响指标为第二分级指标,利用 ArcGIS 均匀重分类功能进行分级,综合评价结果见图 2。由图 2 可知,南水北调中线工程受水区水资源三级区的生态水文条件基本上呈现南低北高的态势。南水北调中线工程受水区水资源三级区生态水文级别由高到低依次为:大清河淀东平原、子牙河平原、漳卫河平

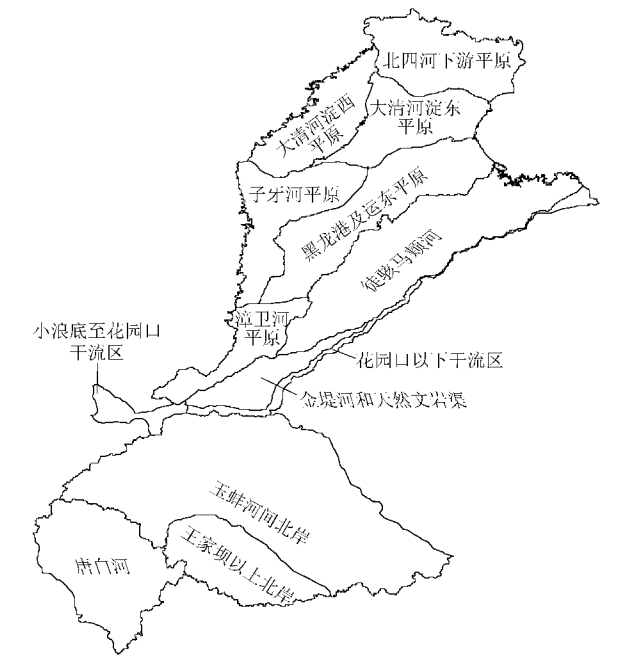


图 1 南水北调中线工程受水区水资源三级区简图
原、徒骇马颊河、大清河淀西平原、黑龙港及运东平原、北四河下游平原、金堤河和天然文岩渠、小浪底至花园口干流区、花园口以下干流区、王家坝以上北岸、玉蚌河间北岸、唐白河 随着生态水文等级的升高,生态水文条件越来越差,生态补水需求越来越迫切。

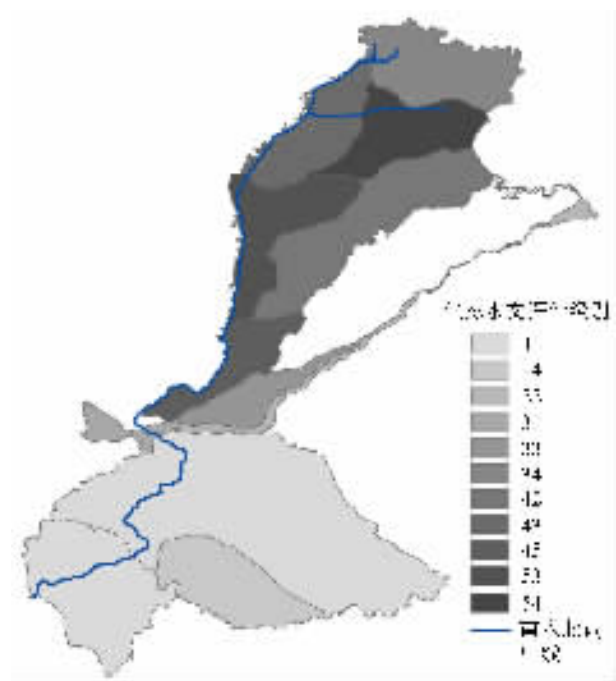


图 2 南水北调中线工程水资源三级区生态水文评价结果

3 生态补水目标及优先序

3.1 生态补水目标确定原则

a. 可操作性原则 南水北调中线工程生态补水具有来水规律性差、水量流量不稳定等特点,生态补

水调度要适应中线工程来水的相机性,要求其配套工程投入不能太高。因而南水北调中线工程生态补水设施主要应以现有河道和农灌渠道为主,简单整修后即可投入使用。具体包括通过中线工程退水闸退水、利用平原水网与灌溉渠道补充湿地、地下水、河流的生态环境用水。此外,中国地势西高东低的特点决定生态补水对象只能位于南水北调中线东侧,这样就可以通过退水闸自流补水,不需要修建提水站等设施,减少工程投资,降低成本。

b. 效益最大化原则 南水北调中线工程所穿越的淮河流域、海河南系、海河北系均是水资源极度匮乏、水资源开发利用程度极高的区域,城市工业用水大量挤占农业和生态环境用水。因此,相对于整个中线工程受水区生态环境需水量来说,南水北调中线工程水源地丹江口水库的生态可调水量是微不足道的。因此,必须有选择的对重点对象进行生态补水,才能使这部分有限的水量发挥更大的生态环境效益。

c. 公平性原则 南水北调中线工程受水区涉及北京、天津、河北、河南 4 个省市的 100 多个城市,在水资源极度紧缺的状况下,生态补水调度应在保证生态环境效益最大化的同时,又要兼顾生态补水调度的公平性,具体包括省际公平性、不同种类补水对象之间的公平性(如湿地、地下水与河流)等。

3.2 生态补水目标

针对南水北调中线工程受水区的特点与实际状况,初步界定南水北调中线工程生态补水对象主要有三类:湿地、地下水、河流。南水北调中线工程受水区湿地主要有:白洋淀、千顷洼、大浪淀。地下水回补区必须具备补给条件好、入渗能力强、库容大、富水性强、提水方便、水文边界清楚等条件,综合考虑上述条件后,确定南水北调中线工程受水区地下水回补区包括七里河地下水回补区、白马河地下水回补区、滹沱河地下水回补区、沙河故道地下水回补区、一亩泉地下水回补区以及汤阴县地下水回补区。南水北调中线工程受水区所涉及的海河北系、海河南系、淮河流域等大部分河流流量低,部分河流甚至出现季节性或常年性断流。据统计,在海河流域,长期的干旱造成大量河道干枯,在一、二、三级支流近 1 万 km 的河长中,已有约 4000 km 河道常年干枯^[8]。可以说,在南水北调中线工程受水区区域内,几乎每条河流的水量都不能满足河流适宜生态需水量,均需要进行生态补水。考虑到南水北调中线工程生态可调水量相对有限的特点,本次研究生态补水目标时,不单独考虑河流的生态需水特性,只分析与湿地、地下水回补区有水力联系的河流。综上所述,南

水北调中线工程受水区生态补水目标(表2)主要有白洋淀湿地、千顷洼湿地、大浪淀湿地、七里河地下水回补区、白马河地下水回补区、滹沱河地下水回补区、沙河故道地下水回补区、一亩泉地下水回补区、汤阴县地下水回补区以及与之相应的退水河流。

表2 湿地、地下水回补区及相应退水河流一览

位 置	湿地与地下水回补区对应的退水河流
白洋淀	蒲阳河、大沙河
大浪淀	滹沱河、沙河、午河、氐河、北澧河、洺河
千顷洼	滹沱河、沙河、午河、氐河、北澧河、洺河、滏阳河、沁河、蠡牛南支、安阳河、汤河
七里河	七里河
白马河	白马河
滹沱河	滹沱河
沙河故道	沙河
一亩泉	漕河
汤阴县	汤河

3.3 生态补水目标优先序

依据南水北调中线工程受水区水资源三级区生态水文分级结果,结合中线工程生态补水目标,确定南水北调中线工程受水区生态补水目标优先顺序,结果见表3。

表3 南水北调中线工程受水区生态补给目标级别

生态补水对象类别	生态补水目标级别		
	I 级	II 级	III 级
湿地	白洋淀	千顷洼、大浪淀	
地下水回补区	滹沱河、沙河故道、七里河、白马河	汤阴县	一亩泉
河流	滹沱河、沙河、午河、氐河、北澧河、洺河、滏阳河、沁河、蠡牛南支、白马河、七里河	安阳河、汤河	蒲阳河、大沙河、漕河

白洋淀位于大清河淀西平原,千顷洼与大浪淀位于黑龙港及运东平原,因此,白洋淀湿地的优先级高于千顷洼和大浪淀。滹沱河、沙河故道、七里河、白马河地下水回补区位于子牙河平原,一亩泉地下水回补区位于大清河淀西平原,汤阴县地下水回补区位于漳卫河平原,因此,滹沱河、沙河故道、七里河、白马河地下水回补区属于同一级别,高于汤阴县地下水回补区,汤阴县地下水回补区级别高于一亩泉地下水回补区。滹沱河、沙河、午河、氐河、北澧河、洺河、滏阳河、沁河、蠡牛南支、白马河、七里河位于子牙河平原,安阳河、汤河位于漳卫河平原,蒲阳河、大沙河、漕河位于大清河淀西平原,因此,位于子牙河平原的滹沱河等河流优先级别高于位于漳卫河平原的安阳河与汤河,而位于漳卫河平原的安阳河与汤河高于位于大清河淀西平原的蒲阳河等河流。

4 存在的问题

针对南水北调中线工程受水区的实际状况与相机生态补水方式,初步界定中线工程受水区三类生态补水对象:湿地、地下水、河流。在此基础上,依据南水北调中线工程受水区水资源三级区生态水文分级结果,确定生态补水的优先级别。湿地生态补水对象的优先序由高到低为:白洋淀、千顷洼、大浪淀;地下水回补区生态补水对象的优先序为:第一等级包括滹沱河地下水回补区、沙河故道地下水回补区、七里河地下水回补区、白马河地下水回补区,第二等级包括汤阴县地下水回补区、一亩泉地下水回补区;河流生态补水对象的优先序为:第一等级包括滹沱河、沙河、午河、氐河、北澧河、洺河、滏阳河、沁河、蠡牛南支,第二等级包括安阳河、汤河,第三等级包括蒲阳河、大沙河、漕河。

指标体系的建立是进行生态水文分级的关键环节。生态水文分级涉及生态系统、水文系统以及生态水文系统,因此,指标体系应尽可能反映研究区域的生态与水文特性,本文所建立的指标体系只是将部分生态指标和水文指标简单组合在一起,并不能完全准确的反映生态水文特征。另外,在确定生态补水对象优先级别时,没有考虑生态补水对象的生态需补水量,可能会对计算结果产生一定的影响。此外,本文只分析了同类生态补水对象之间优先顺序,对于不同类生态补水对象之间的优先级别,需要建立相应的评价指标体系进行专门研究,这也是后续研究工作的主要内容。

参考文献:

[1]王政祥,张明波.南水北调中线工程水源与受水区降水丰枯遭遇分析[J].人民长江,2008,39(17):103-105.

[2]韩宇平,蒋任飞,阮本清.南水北调中线工程水源区与受水区丰枯遭遇分析[J].华北水利水电学院院报,2007,28(1):8-11.

[3]张中旺.南水北调中线工程工程与受水区经济社会可持续发展[J].襄樊学院学报,2008,29(6):22-27.

[4]裴源生,王建华,罗琳.南水北调对河海流域水生态环境影响分析[J].生态学报,2004,24(10):215-2123.

[5]魏昌林.中国南水北调[M].北京:中国农业出版社,2000:46-47.

[6]尹民,杨志峰,崔保山.中国河流生态水文分区初探[J].环境科学学报,2005,25(4):423-428.

[7]杨爱民,唐克旺,王浩,等.中国生态水文分区[J].水利学报,2008,39(3):332-338.

[8]曹淑敏.海河流域水资源开发利用现状及其对策[J].海河水利,2004(2):9-11.

(收稿日期:2009-05-19 编辑:高渭文)