

Y 874435

分类号\_\_\_\_\_

密 级 公开\_\_\_\_\_

UDC \_\_\_\_\_

单位代码 10094

# 河北师范大学

## 硕士学位论文

### 河北省水生态系统服务功能重要性评价

刘 征

指 导 教 师：钱金平（教授）

专 业 名 称：自然地理学

研 究 方 向：生态环境规划与评价

申请学位级别： 硕 士

二〇〇六年六月九日

# 摘 要

水资源是人类生存必不可少的基础性自然资源，是制约自然环境和人类生存与发展最重要的因素之一。河北省作为极度缺水地区，水生态系统服务功能不能正常发挥已经成为影响和制约全省当前乃至今后经济、社会可持续发展的一个瓶颈。本文对河北省水生态系统服务功能重要性进行评价，将河北省水生态系统重要性分为四级，意在首先对极重要地区因地制宜地采取措施，实施抢救性保护，然后逐步推广到其他地区。这对河北省水资源可持续发展具有重要的现实意义。

本文研究的主要内容包括：第一部分，介绍了水生态系统服务功能的内涵。第二部分，介绍了河北省水生态系统服务功能状况，找出了目前河北省水生态系统服务功能存在的主要问题。解决存在问题的方法，首先从极重要地区入手，对极重要地区进行抢救性保护，然后逐步推广扩大到其他地区。因此，第三部分，对河北省水生态系统服务功能重要性评价。科学地选取指标，构建河北省水生态系统服务功能评价指标体系，系统地对河北省水生态系统各项服务功能进行评价；然后采用取大法，对河北省水生态系统服务功能进行综合评价，并利用 Arcview 软件，得到河北省水生态系统服务功能综合评价结果及图件。第四部分，对河北省水生态系统服务功能极重要地区，提出不同水生态系统类型的保护措施。本文的研究结果为水生态系统服务功能较弱的河北省有针对性地开展生态功能保护及生态建设项目，提供科学依据及决策参考。

研究结果表明：

(1) 河北省水资源严重短缺，水生态系统服务功能基础极弱，且逐年减弱；水生态过程的生态阻滞或耗竭；生态系统结构破碎、功能的板结；水生态调控机制匮乏和水生态意识低下。

(2) 河北省水生态系统服务功能极重要地区为白洋淀、衡水湖、滦河口上游（孟滦）、海兴、南大港等自然保护区；岗南、黄壁庄、岳城、大浪淀、西大洋、陡河、洋河、石河、汤河、桃林口、朱庄、大黑汀和邱庄等大中型水库；滦河水系的蚂蚁吐河、陡河、伊逊河的中上游，永定河水系的洋河上游、壶流河、桑干河以及大清河水系的沙河王快水库以下，子牙河水系的滏阳河、滹沱河和冶河下游，漳卫南运河水系的清漳河和漳河等。

(3) 对极重要水生态系统自然保护区应开展生态恢复工程，适度开发，保护其水

源，防止退化；对极重要水库应建立水权制度，使水资源合理配置，防止上游污染；对极重要河流在开发中应注意保持其形态多样性，防止水污染。

本文主要做了以下方面的工作：

(1) 系统的归纳了水生态系统服务功能的内涵，包括提供资源、调节功能、文化功能和生命支持功能四大类；

(2) 首次对水生态系统服务功能进行系统的、全面的评价；

(3) 科学构建评价指标体系，并将其量化，是本文的一个难点和创新点；

本文仅是对水生态系统服务功能的一个初步探讨，还存在许多不足之处，另外作者水平有限，疏漏和谬误之处在所难免，恳请专家批评指正。

**关键词：**河北省 水生态系统服务功能 内涵 水资源 取大法 生态恢复

# Abstract

## **The Importance Of Water Ecosystem Service Functions Evaluation In Hebei Province**

**Abstract:** Water resource is an essential basic natural resources to human survival, is one of the most important factors constraining environment and human survival and development. Hebei Province is a great water-deficient area, the unnormal water ecosystem service functions has become a bottleneck of influence and restrict economic, social sustainable development in the current and future. The paper evaluates the importance of Hebei water ecosystems service functions, divides Hebei water ecosystems importance into 4, intention in the first line of taking steps to the first critical areas and urgent protection, and then gradually extended to other areas. It will be important practical significance to the sustainable development of water resources in Hebei Province.

The main contents of the paper includes: the first part, it introduces connotations of water ecosystems service functions. The second part, it introduces status of Hebei water ecosystem services function, and identifies the major problems of the current Hebei water ecosystems service functions. We start from a very important region for solving problems, urgent protect the first critical areas, and then gradually extend. The third part, it evaluates the importance of Hebei water ecosystem service functions, scientifically selects indicators, sets a evaluation indice of Hebei water ecosystem service functions, evaluates the Hebei water ecosystems service functions; Then using selection largest method, it comprehensively evaluates Hebei water ecosystems service functions, and using Arcview systems, integrates assessment results and maps of Hebei water ecosystem service functions. The forth part, it looks forward to different types of water ecosystems protection measures to Hebei water ecosystem service functions critical areas. The researchs provides scientific basis for decision-making and information, for conducting appropriate protection and ecological construction projects ecological functions, to weaker Hebei water ecosystems service functions.

Researchs show that:

(1) Water resource in Hebei is seriously shortage, water ecosystem service functions is very weak, and has weakened; Water ecological processes ecological impedes or uses up;

Ecosystem structure broken, the function harden; Water ecology regulation and control mechanism insufficient and water ecological awareness is low.

(2) Hebei water ecosystem service functions critical areas include Baiyang Dian, Hengshui Ocean, Luan River estuary upstream (MengLuan River), Haixing, Nandagang and other protected areas; Gangnan, Huangbizhuang, Yuecheng, Dalang Dian, the West Ocean, Dou River, Yang River, Shi River, Tang River, Taolinkou, Zhuzhuang, Daheiting and Qiuzhuang mid-sized reservoirs; Luan River systems ants spit River, Dou River, Yixun River upstream, Yongding River water upstream of the Yang river, Huli river, Sanggan River and the Sha River Wangkuai Daqing River water reservoir below, The Fuyang River, Hutuo River and Ye River of Ziya river systems, Qingzhang River and Zhang River of Zhangwei south Rive.

(3) We should carries out ecological restoration to water ecosystem critical areas, appropriate development, the protection of its water resources, prevention degradation; We should establish water rights systems for very critical reservoirs, the rational allocation of water resources, prevention of pollution upstream; We should maintain their attention to the patterns of diversity and prevent water pollution to critical development rivers.

The major work done in the following areas:

(1) It systemly summarizes the connotations of the water ecosystem service functions, including the provision of resource, regulatory functions, cultural functions and life support functions of the four categories;

(2) It the first time ystematicly and comprehensively evaluats to water ecosystem service functions;

(3) It scientificly sets evaluation indices, and their quantification, that is a difficult and innovative point;

This text only first discusses water ecosystems service functions, and there are still many shortcomings, and by the author limited ability, omissions and anomalies inevitable, I urge experts criticize me.

**Key words:** Hebei province    Water ecosystem service functions    Connotation  
Water resource    Selection largest method    Ecological restoration

4.2 调节功能 .....	21
4.2.1 洪水调蓄 .....	21
4.2.2 河流输送 .....	25
4.2.3 水质净化 .....	27
4.2.3 气候调节 .....	33
4.3 生命支持功能 .....	37
4.4 综合性评价 .....	39
<b>5 保护措施 .....</b>	<b>42</b>
5.1 水生态系统自然保护区 .....	42
5.2 水库 .....	43
5.3 河流 .....	45
<b>6 结论与不足 .....</b>	<b>47</b>
6.1 结论 .....	47
6.2 不足 .....	47
<b>参考文献 .....</b>	<b>49</b>
<b>致谢 .....</b>	<b>51</b>

## 图表

图 1-1 论文研究思路及内容 .....	3
表 2-1 水生态系统服务功能评价表 .....	8
表 3-1 河北省各水系面积统计表 .....	10
图 3-1 河北省入境悬移质沙量比较图 .....	13
图 3-2 河北省悬移质沙量（山区）比较图 .....	13
图 3-3 河北省 1980 与 2000 年水质评价河长统计比较图 .....	14
图 3-4 各类水质水库占总水库个数比比较图 .....	15
表 4-1 水资源功能分级赋值表 .....	18
表 4-2 河北省地表水功能分级赋值表 .....	18
表 4-3 人均水资源量分级赋值表 .....	20

图 4-1	河北省水生态系统提供资源功能重要性评价图 .....	21
表 4-4	河北省主要水库洪水调蓄功能指标值及加权求和结果 .....	22
表 4-5	河北省主要湖泊洼淀洪水调蓄功能指标值及加权求和结果 .....	24
图 4-2	河北省水生态系统洪水调蓄功能重要性评价图 .....	25
表 4-6	河北省主要河流多年平均悬移质输沙量统计表 .....	26
图 4-3	河北省河流输送功能重要性评价图 .....	27
表 4-7	衰减系数 K 统计表 .....	29
表 4-8	河北省主要河流水质净化功能指标值及加权求和结果 .....	31
图 4-4	河北省水生态系统水质净化功能重要性评价图 .....	33
表 4-9	河北省主要河流气候调节功能指标值及加权求和结果 .....	34
表 4-10	河北省主要水库气候调节功能指标值及加权求和结果 .....	35
表 4-11	河北省主要湖泊气候调节功能指标值及加权求和结果 .....	36
图 4-5	河北省水生态系统气候调节功能重要性评价图 .....	36
表 4-12	河北省水生态系统自然保护区保护物种级别分级赋值表 .....	38
表 4-13	物种数量比率分级赋值表 .....	38
表 4-14	河北省水生态系统自然保护区物种数量比率赋值表 .....	38
表 4-15	植被郁闭度分级赋值表 .....	38
图 4-6	河北省水生态系统生命支持功能重要性评价图 .....	39
表 4-16	水生态系统服务功能综合评价各功能权重值 .....	39
表 4-17	河北省生态系统服务功能综合评价等级表 .....	40
图 4-7	河北省水生态系统服务功能重要性评价图 .....	40
表 6-1	水生态系统未评价服务功能表 .....	47

# 1 绪 论

## 1.1 论文背景

1997年,国家环保局下发了《关于加强生态保护工作的意见》(环发【1997】758号),首次提出各级环境保护部门要加强对特殊生态功能区,特别是江河源头区、重要湿地、荒漠绿洲、大面积的天然林区和珍惜濒危物种集中分布区的保护。2000年,《全国生态环境保护纲要》(国发【2000】38号)更加明确提出了全国生态环境保护的主要内容首先是建立生态功能保护区,通过建立生态功能保护区,实施保护措施,防止生态环境的破坏和生态功能的退化。

河北省地处半湿润与半干旱气候、高原与平原地貌、牧区与农区生产类型的过渡交接地带,生态系统结构简单,自我调节能力差,生态承载力低,生态平衡容易破坏,且恢复难度较大。目前,河北省生态环境状况形势严峻,许多生态环境问题还没有得到有效遏制。为了提高自然生态系统对人类社会经济支撑能力,维护区域生态安全,在更高水平上实现生态环境与经济协调发展,对河北省重要生态功能区进行保护和建设,成为亟待解决的问题。本文依托《河北省生态功能保护区规划研究》,在参与研究的过程中,深入调查,大量借鉴国内外研究成果,广泛征求专家意见,并在完成科研任务的基础上,整理、撰写了本篇论文。

## 1.2 研究目的和意义

水作为一种特殊的生态资源,是支撑整个地球生命系统的基础,水生态系统不仅提供了维持人类生活和生产活动的基础资源,还具有维持自然生态系统结构、生态过程与区域生态环境的功能。当前,由于气候变化和人类活动的影响,导致水资源短缺、生态系统(尤其是水生生态系统,指淡水生态系统)退化及其服务功能降低,在世界的许多地区,水资源正在成为生态系统和经济发展的限制性因素,同时对水生生态系统的各种负面影响仍在不断扩大。另一方面,随着经济的飞速发展、人口的急剧增加,人类对水资源的各种服务需求愈来愈高,而水资源量是有限的,不同的水资源利用往往相互冲突、相互竞争。在我国,许多地区水资源过度开发,忽视生态系统的需水要求,以及水生态服务功能,导致河流断流、湿地丧失、区域生态环境退化、生物多样性

性受到威胁，如何协调水资源的直接利用和维持水的生态服务功能已成为水资源管理所面临的挑战。对水生态系统服务功能的定量评价有助于全面地认识水资源的价值，科学合理地利用水资源，达到水资源利用的生态效益和经济效益最优化，对水资源保护及其科学利用具有重要意义。

河北省水资源短缺，人均水资源量  $298\text{m}^3$ ，远低于国际公认的人均  $1700\text{m}^3$  的水资源紧张警戒线；地表水资源量极为缺乏，且空间分布不均；地表水水质较差；地下水开采量大，超采严重，致使地下水位持续下降，漏斗面积不断扩大，个别区域地面沉降，海水入侵加剧，地下水咸化和泉水逐渐干枯等一系列生态问题；地下水超标现象普遍存在。河北省存在山泉枯竭，平原河流断流，湖泊萎缩、消亡等各种水生态系统服务功能严重退化现象。另一方面，随着河北省社会经济的迅速发展，对水资源需求的数量和质量都越来越高，对生态系统服务功能的需求也越来越多。水生生态系统的退化和人类对水生生态系统服务功能需求不断增加构成的矛盾，使社会安全、经济安全、生态安全和水资源安全受到威胁。因此，河北省如何解决这种矛盾，控制生态系统恶化的趋势，使生态系统持续不断地为人类提供福利，实现社会—经济—生态复合系统的可持续发展已成为当前必须深入思考并迫切需要解决的问题。

### 1.3 国内外研究进展

生态系统服务功能评价是联合国生态系统评估 (MA) 的主要内容之一，在全球生态系统管理和可持续发展生态学研究处于十分重要的地位，也是认识生态系统与人类相互作用的基础。20 世纪 70 年代以来，生态系统服务功能开始成为一个科学术语及生态学与生态经济学研究的分支。20 世纪初，美国为了建立野生动物保护区特别是迁徙鸟类、珍稀动物保护区而开展了水生态系统评价工作；20 世纪 70 年代初，美国麻省马塞大学 Larson 提出了水生态系统快速评价模型，强调根据水生态系统类型评价其功能，并以受到人类活动干扰的自然和人工水生态系统为参照，该模型在美国和加拿大国家得到广泛的应用，并进一步推广和应用到许多发展中国家。随着国际生态学界对水生态系统服务功能评价工作的重视，我国的一些生态学者也开始对水生态系统服务功能及其评价方法进行了系统的探索。目前，人们已经普遍认识到水生态系统服务功能的重要性，但是，在水生态系统服务功能是否能正常发挥、应该在何种程度上对其进行保护和恢复等问题上，仍存在着持续的争论，而且将水生态系统作为整体进行综

合评价在国内外还不多见。本文是对水生态系统服务功能的一个初探，拟在总结水生态系统服务功能内涵的基础上，对河北省水生态系统服务功能重要行进行评价，为河北省明确水的生态服务功能，有针对性地开展水资源管理和区域生态环境保护提供生态学依据。

## 1.4 研究思路及内容

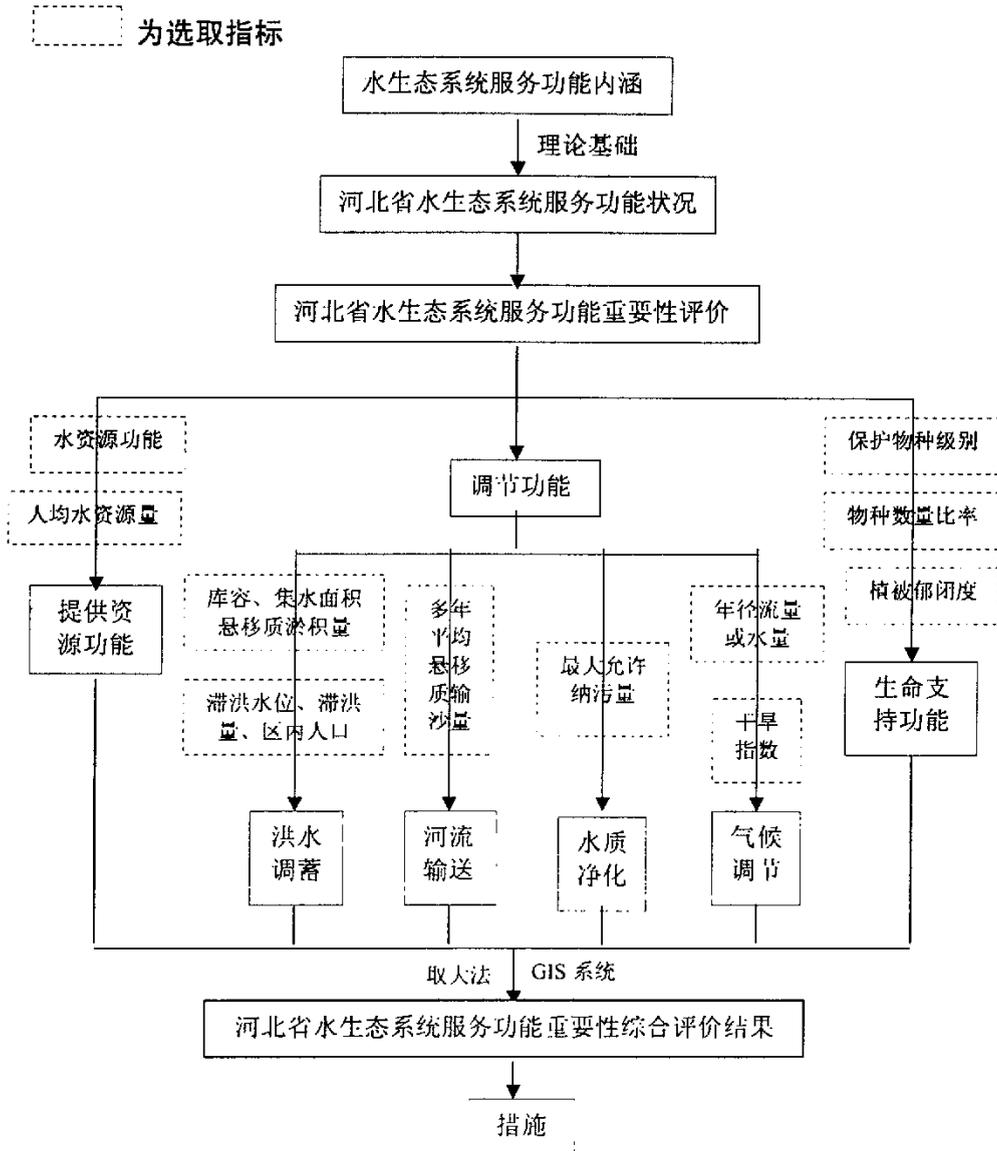


图 1-1 研究思路及内容

## 1.5 研究方法

(1) 利用 ERDAS 和 IMAGINE8.5 软件对图像几何校正、辐射校正、影像增强与

镶嵌等前期影像处理；

(2) 运用地理信息空间分析方法进行各种参数的提取；

(3) 科学选取指标，对河北省水生态系统各项服务功能进行评价；

(4) 运用取大法，综合各项因子，对河北省水生态系统服务功能进行综合评价；

(5) 利用 Arcview 软件空间叠加分析功能，矢量叠加，得到河北省水生态系统服务功能综合评价图。

## 2 水生态系统服务功能内涵

### 2.1 水生态系统定义

水生态系统是一个开放系统，不断地同外界交换物质和能量，来建造和调整自身的结构。水生态系统分为淡水生态系统和海洋生态系统两类。淡水生态系统包括江河、湖泊洼淀、水库和地下水等生态系统。

江河生态系统指那些水流流动湍急和流动较大的江河、溪涧和水渠等。江河的陆地连接表面的比例大，江河与周围的陆地有较多的联系，形成了一个较为开放的生态系统，是联系陆地和海洋生态系统的纽带。湖泊洼淀生态系统界限明显，在能量流、物质流过程中属于半封闭状态；水量变化较大，主要原因是进出湖泊水量的变化，水位变幅大，湖泊的面积和水量的变化就大。水库生态系统是一种人工生态系统，面积较小，结构较简单，功能单一。地下水资源是水资源的重要组成部分，与地表水资源相比，地下水资源具有空间分布范围广、调节性强、水质洁净和可利用性强等优点。

海洋生态系统包括海域和低潮时水深不超过 6 米的海滩水域。海洋是一个容纳热量的“大水库”，夏天海水把热量储存起来，冬天把热量释放出来，对整个大气圈具有重要的调节作用；海洋有潮汐，潮汐在海洋生物特别稠密而繁多的沿岸带特别重要，潮汐使这些海洋生物群落形成明显的周期性。

### 2.2 水生态系统服务功能内涵

水生态系统服务功能是指水生态系统及其生态过程所形成或所维持的能够为人类生存、生产、生活提供的效用。它不仅是人类社会经济的基础资源，还维持了人类赖以生存与发展的生态环境条件。根据水生态系统提供服务的机制、类型和效用，把水生态系统的服务功能划分为提供资源功能、调节功能、生命支持功能和文化美学功能四大类。

#### (1) 提供资源功能

提供资源指为人类生产、生活提供水资源，包括提供饮用水、工业用水、农业用水等方面，是水生态系统最基本的生态功能之一。人类根据水资源利用方式的不同，将水进行了功能区划，水资源功能不同，提供资源功能重要性不同，例如：饮用水源地提供资源功能比农业用水渠重要。提供的水量不同，提供资源功能重要性不同，水资源越短缺，提供资源功能越重要。

## (2) 调节功能

调节功能是指人类从生态系统过程的调节作用中获取的服务功能和利益。水生态系统的调节作用主要包括：洪水调蓄、河流输送、水质净化和气候调节等。

①洪水调蓄 是水生态系统水循环的一个过程，能够起到自身调节作用，但间接为人类减轻水系的洪水威胁，减少洪水和严重暴雨带来的更大范围的损失。水库、湖泊洼淀暂时蓄纳入湖洪峰水量，而后缓慢泄出，对洪水调蓄起到重要作用。由河道洪水泛滥而形成的洪泛区，在承纳与调蓄超出河流行洪能力的洪水时，也具有降低洪水流速、削减洪峰流量的作用，相对湖泊洼淀较弱。

②河流输送 是水生态系统自身调节的一个过程，但间接影响了人类。河流是生物地球化学循环过程中物质迁移转化和能量传递的“交换库”，携带各种物质进行循环，具有输沙、输送营养物质等一系列的生态服务功能。河水流动中，能冲刷河床上的泥沙，携带的泥沙在入海口处沉降淤积，不断形成新的陆地，在这个过程中，河流一方面起到疏通河道的作用，另一方面也增加了土地面积，保护海岸带免受风浪侵蚀；河流携带并输送大量营养物质如碳、氮、磷等，是全球生物地球化学循环的重要环节，也是海洋生态系统营养物质的主要来源，对维系近海生态系统的生产力起着关键的作用。

③水质净化 水提供或维持了良好的污染物质物理化学代谢环境，提高了区域环境的净化能力。水体生物从周围环境吸收的化学物质，主要是它所需要的营养物质，但也包括它不需要的或有害的化学物质，从而形成了污染物的迁移、转化、分散、富集过程，污染物的形态、化学组成和性质随之发生一系列变化，最终达到净化作用。另外，进入水体生态系统的许多污染物质吸附在沉积物表面并随颗粒物沉积下来，从而实现污染物的固定和缓慢转化。根据确定的设计水量、水功能区的水资源保护目标 and 水质标准，河流、湖泊洼淀允许接纳一定量的污染物，其允许纳污量的大小反映了其水质净化功能对人类的重要程度，允许纳污量越大，此项功能对人类越重要。

④气候调节 包括对湿度和温度等方面的影响。水生态系统通过强烈蒸发和蒸腾作用把大量的水分送回大气调节降水，使局部的湿度得到改善。

通过吸收大气  $\text{CO}_2$  而减缓大气中  $\text{CO}_2$  浓度的增加，从而缓解温室效应。淡水生态系统是全球碳的一个重要储存库，碳在水中主要以溶解的无机碳 (DIC)，溶解态有机碳 (DOC) 和生物体有机碳 (BOC) 形式存在。不同存在形式的碳在不同水体的含量差异，取决于碳的沉积、代谢利用和无机碳化学因素。溶解态无机碳主要来源于岩石

的风化和大气的  $\text{CO}_2$  溶解；溶解态有机碳主要来源于土壤和污水排放；生物有机碳主要来源于生物合成（水生植物、光合细菌和某些化能细菌利用  $\text{CO}_2$  的合成）。地下水在天然条件下通过毛细上升和蒸发作用把水分传递给包气带、土壤、地表及近地表大气层，可通过土壤层的水汽流通和感热适应过程影响近地表大气的湿度、 $\text{CO}_2$  含量和温度。

海洋对调节大气  $\text{CO}_2$  平衡有着极其重要的作用，它通过缓和大气  $\text{CO}_2$  浓度，调节大气温室效应。海洋中的碳大部分是以碳酸根( $\text{CO}_3^{2-}$ )和碳酸氢根( $\text{HCO}_3^-$ )的形式存在。海洋对  $\text{CO}_2$  的吸收量在很大程度上决定于混合层碳酸盐化学的平衡。水中溶解碳的平流传输， $\text{CO}_2$  通过空气—海水界面的扩散、海洋有机体生物的生产及所产生的碎屑沉降等进入海洋；在海洋表层浮游生物通过光合作用将海水中溶解的无机碳转化为有机碳，水中  $\text{CO}_2$  分压降低；在其初级生产过程中，还需从海水中吸收溶解的硝酸盐、磷酸盐等无机盐，这使得表层水的碱度升高，也降低了水中  $\text{CO}_2$  的分压。这两个过程造成空气—海洋交界面两侧的  $\text{CO}_2$  分压差，促使大气  $\text{CO}_2$  向海水扩散。又由于海洋有机颗粒物携带的营养盐沉降速率大于有机物的分解速率，因而使得大气  $\text{CO}_2$  源源不断地传输到海洋。

### (3) 生命支持功能

生命支持功能是指维持自然生态过程与区域生态环境条件的功能，是上述服务功能产生的基础，与其它服务功能类型不同的是，他们对人类的影响是间接的并且需要经过很长时间才能显现出来，包括生命的起源、维持和为人类提供生境两个方面。

生命起源于水。地球火山不断喷出熔岩和气体，在阳光和热的作用下形成碱基、戊糖、磷酸基及简单氨基酸等简单有机物，这些简单有机物在水介质条件下，通过和水分子作用缩合成生物高分子多肽、核酸等，然后生物高分子被集蓄在原始海洋中，经过一系列的化学反应，形成类细胞、真细胞，然后演化为生物个体。生命维持离不开水。地下水参与生命体内的新陈代谢和生理循环，维护生命体内的水盐平衡。

水生态系统在土壤形成与保持、光合产氧、水循环、保障生态环境安全等方面为人类提供适宜的生存环境。土壤是岩石圈顶部经过漫长的物理风化，化学风化和生物风化作用的产物，其中化学风化通过地表（地下）水和大气中氧、二氧化碳的作用，使造岩矿物分解，形成以粘土矿物为主的松散物质，即通常所说的风化壳；土壤中水分的含量、水在地表的流动速度及土壤水的含盐度等对土壤的保持起到极其重要作用；地下水可通过溶滤作用、氧化还原作用、离子交换作用等与岩土中的固态盐分进行交

换，将盐分带走或补充土壤中的盐分，影响着土地的质量。太阳能、绿色植物通过光合作用将水和二氧化碳转变为有机化合物并放出氧气，构成了地球上生命繁荣的基础。水在太阳热力作用下，以水的三态互变形式进行的水循环，为地球上包括人类在内的一切生命创造了得天独厚的适宜生存的环境，以及这种环境形成了区域差异。在适宜的地下水位埋深范围内，地下水能够维持生态环境的水土平衡、水盐平衡和水与生物平衡，保障生态环境的安全。当大于或小于适宜的水位埋深范围，生态环境将向荒漠化方向发展，植被向盐生或早生方向发展。

#### (4) 文化美学功能

文化美学功能是指人类通过认知发展、主观映象、消遣娱乐和美学体验，从自然生态系统获得的非物质利益。水生态系统的文化美学功能主要包括：文化多样性、教育价值、灵感启发、美学价值、文化遗产价值、娱乐和生态旅游价值等等。水作为一类“自然风景”的“灵魂”，其娱乐服务功能是巨大的，同时，作为一种独特的地理单元和生存环境，水生态系统对形成独特的传统、文化类型影响很大。

本次评价结合基础数据的可获得性，评价的范围仅为河北省淡水生态系统，选取的功能主要包括提供资源、洪水调蓄、河流输送、水质净化、气候调节和生命支持功能。河北省选取水生态系统功能评价状况见表 2-1。

表 2-1 水生态系统服务功能评价表

生态系统类型	提供资源	调节功能				生命支持功能
		洪水调蓄	河流输送	水质净化	气候调节	
河流	√	*	√	√	√	—
水库	√	√	\	√	√	—
湖泊洼淀	√	√	\	√	√	√
地下水	√	\	\	—	*	—

注：“√”表示具备该类生态功能并可以进行评价；“\”表示由于不具备该类生态功能本文没有进行评价；“\*”表示由于该类功能较次要本文没有进行评价；“—”表示由于数据原因本文暂时没有进行评价。

## 3 河北省水生态系统服务功能状况

### 3.1 河北省水生态系统概况

#### 3.1.1 地表水

##### (1) 河流水系

河北省河流众多,长度在 10km 以上的河流约有 300 余条,分属海河、滦河、辽河和内陆河四大水系,其中,海滦河流域面积占全省面积的 91%,河流径流年内分配集中,全年径流量的 80%集中在 7~10 月。河流含沙量大,海河干支流的含沙量在全国各大河中仅次于黄河。

滦河及冀东沿海诸河地处河北省东北部,在河北省的流域面积 45870km<sup>2</sup>,占全省总面积的 24.4%。滦河发源于承德市丰宁县,上游称闪电河,流经坝上及内蒙高原、燕山山地、冀东平原,于乐亭县流入渤海。滦河水系支流繁多,较大的支流有小滦河、兴洲河、伊逊河、老牛河、青龙河等。冀东沿海诸河,源短流急,集水面积较小,且独立入海,主要河流有石河、洋河、陡河等。

海河流域由潮白蓟运河、北运河、永定河、大清河、子牙河、漳卫南运河六大水系构成,在河北省的流域面积为 125754km<sup>2</sup>,由北到南呈扇形分布。各水系汇集于天津市附近注入渤海。

潮白蓟运河由潮白河和蓟运河组成,潮白河上游又分为潮河与白河两大支流,经永定新河入海。蓟运河上游分沟河和州河两支,于九王庄汇合后称蓟运河至天津市下行至北塘入海;北运河上游叫温榆河,在天津武清县以北纳龙凤河,于屈家店汇入永定河。

永定河发源于山西、内蒙,流经河北、北京和天津,流域面积较大。上游有桑干河、洋河两大支流。下游 1970 年开挖永定新河,遇有特大洪水,可承担 80%左右的洪量汇入渤海,其它由北运河分流。

大清河位于河北省中部,由南北两支组成。北支有小清河、琉璃河、拒马河、易水河等,南支有磁河、沙河、唐河、瀑河、漕河等。南北两支汇入东淀后至第六堡附近与子牙河相汇,经独流减河或海河入海。

子牙河水系分滹沱河、滏阳河两大支流,在献县汇合后称子牙河。滹沱河发源于

山西省繁峙县境内，经代县、原平、忻县、五台等进入河北省平山县，出山口附近的干流上有岗南、黄壁庄两大水库控制。滏阳河支流繁多，绝大部分源于河北省境内，各支流汇集于大陆泽、宁晋泊两滞洪区，经艾辛庄枢纽工程分流入滏阳河、滏阳新河，再经献县枢纽工程入子牙新河、子牙河入海。

南运河位于河北省东南部，由漳河与卫河两支流组成。漳、卫河在馆陶县徐万仓村汇合后至四女寺段称卫运河。四女寺以下又分为两条干流。东为漳卫新河直流入海，北为南运河经沧州入天津海河干流，其间还有捷地减河、马厂减河分洪入海。

辽河流域的支流英金河、老哈河及辽东沿海的大凌河分别发源于河北省的围场、平泉和青龙县，河北省境内面积 4413km<sup>2</sup>，占全省总面积的 2.4%，为最小的外流河水系。

内陆河位于张家口坝上高原，流域面积 11656km<sup>2</sup>。主要河流有安固里河、三台河、葫芦河、大青沟河等，其特点是河流短小，皆汇入当地星罗棋布的淖泊。

各流域水系在河北省的面积情况见表 3-1。

表 3-1 河北省各水系面积统计表

单位：km<sup>2</sup>

流域	水系	面积	其中		备注
			山区	平原	
滦河 及冀东沿海	滦河	35410	35410		平原包括 滦河部分
	冀东沿海	10460	3050	7410	
	小计	45870	38460	7410	
海河	北三河	18437	14609	3828	
	永定河	18596	17662	934	
	大清河	34680	13786	20894	
	子牙河	27472	12087	15385	
	漳卫南运河	3760	1813	1947	
	黑龙港及运东	22444	—	22444	
	徒骇马颊河	365	—	365	
	小计	125754	60035	65797	
内陆河	内陆河	11656	11656	—	
辽河	辽河	4413	4413	—	
全省		187693	114486	73207	

## (2) 湖泊洼淀和水库

河北省天然湖泊 100 多个，呈干枯、萎缩趋势，可分为永久性淡水湖泊、季节性淡水湖泊洼淀和永久性咸水湖泊三类。淡水湖泊主要分布在平原，面积最大的为白洋淀，位于安新县境内，其次还有衡水市的衡水湖、邯郸市的永年洼等；季节性淡水湖泊洼淀分布在平原上，主名的有大陆泽、宁晋泊、文安洼和大浪淀等，由于近年来降水减少，连年干旱，许多洼淀已干枯多年。河北省大中型水库 57 座，包括岗南、黄壁

庄、岳城、陡河、大黑汀和桃林口等水库，广泛分布于河北省境内。

### 3.1.2 地下水

河北省地下水年平均水资源量 130.44 亿  $m^3$ ，以海河南系和滦河及冀东沿海水量最大，分别为 74.80 亿  $m^3$  和 28.97 亿  $m^3$ ；徒骇马颊河和辽河最小，分别为 0.34 亿  $m^3$  和 0.84 亿  $m^3$ 。按行政分区统计，则以保定市最大为 22.08 亿  $m^3$ ，其次为石家庄市为 16.80 亿  $m^3$ ，衡水市最小只有 4.49 亿  $m^3$ 。

河北省山丘区地下水模数的地区分布主要受降水量和地质条件的制约，北部和西北部少雨地区，地下水资源少；燕山、太行山迎风坡多雨地区和岩溶分布地区地下水资源丰富。山间盆地的地下水主要富集于山前冲洪积倾斜平原和冲积平原区，除接受降水入渗补给外，还有山前侧渗和地表水体的补给，地下水资源比同级降水量的山丘区为大。平原区山前冲洪积扇平原的补给和储存条件都比较优越，为全地区地下水资源最丰富区。滨海平原区几乎无浅层地下淡水资源量分布。

## 3.2 河北省水生态系统服务功能状况

### 3.2.1 提供资源功能

#### (1) 水资源量少，提供资源功能基础弱

河北省水资源总量短缺，属资源性严重缺水省份。据河北省水利厅资料，1956~1997 年 42 年评价，河北省年均水资源总量为 203 亿  $m^3$ ，其中，地表水 125 亿  $m^3$ ，地下水 130.4 亿  $m^3$ ，地表水与地下水重复计算量 52.4 亿  $m^3$ ，人均水资源量为 298  $m^3$ ，仅为全国人均水平的 13.2%，也远低于国际公认的人均 1700  $m^3$  的水资源紧张警戒线。水资源总量的严重不足，水库蓄水已成为重要的城市供水水源，为人类提供资源或服务，维持人的生活生产等功能弱。

#### (2) 水资源量逐年减少，提供资源功能逐年减弱

河北省水资源总量逐年减少，1956~1979 年的年均水资源量为 236.9 亿  $m^3$ ，人均 464  $m^3$ ，而 1956~1997 年的年均水资源量为 203  $m^3$ ，人均 311  $m^3$ ，两者相比年均水资源量减少了 33.9  $m^3$ ，人均水资源少了 153  $m^3$ ；其中北京、天津以南七个市水资源均值减少了 32.61 亿  $m^3$ ，占全省减少量的 96%。

#### (3) 水资源供需矛盾突出，提供资源功能已不能满足现状需求

现状平水年(P=50%)全省总可供水量为  $168.41 \times 10^8 \text{m}^3$ , 总需水量  $258.32 \times 10^8 \text{m}^3$ , 各分区缺水量之和为  $98.06 \times 10^8 \text{m}^3$ , 缺水率(缺水量与需水量之比)为 38%, 属严重缺水状态。现状偏枯水年(P=75%)全省合计可供水量为  $154.26 \times 10^8 \text{m}^3$ , 总需水量  $296.87 \times 10^8 \text{m}^3$ , 合计缺水量  $146.56 \times 10^8 \text{m}^3$ , 缺水率(缺水量与需水量之比)为 49%, 更属于严重缺水状态。

### 3.2.2 调节功能

#### (1) 洪水调蓄

1949~1964 年, 河北省的雨量年际及年内分布不均, 洪水年份和雨季期间, 输入水量大于水体调蓄能力及输出水量, 形成生态阻滞, 导致涝灾频繁, 年均洪涝成灾面积  $128 \text{万 hm}^2$ , 洪水调蓄功能不能满足当时人们需求; 1965 年以后旱灾逐渐加重, 1980~1999 年, 年均洪涝受灾面积减少到  $23 \text{万 hm}^2$ , 虽然河北省水域面积逐年减少, 湖泊、洼淀呈干枯、萎缩趋势, 洪水调蓄能力下降, 但随着涝灾的逐渐减少, 加上蓄滞洪区的逐渐增多, 目前的洪水调蓄功能能满足人们现状需要, 洪水调蓄功能相对增强。

#### (2) 河流输送

河北省河流含沙量大, 海河水系含沙量仅次于黄河, 河流输沙量大, 且输入大于输出, 淤积于河流湖泊中, 又未定期对河流和湖泊进行清淤, 形成水体内泥沙的生态阻滞。八十年代以后, 遭遇连续偏枯年份, 降雨洪水减少, 造成流域产沙量减少, 上游地区水土保持及其它措施的实施, 现已发挥了重大效益, 导致入境沙量减少(见图 3-1、3-2), 1980 年以后各水系入境沙量比 1980 年以前减小 80.4%, 各水系山区产沙量 1980 年以后比 1980 年以前减少 17.3%, 加上水利等部门对河流和湖泊进行清淤, 水体内泥沙生态阻滞现象大为减少。

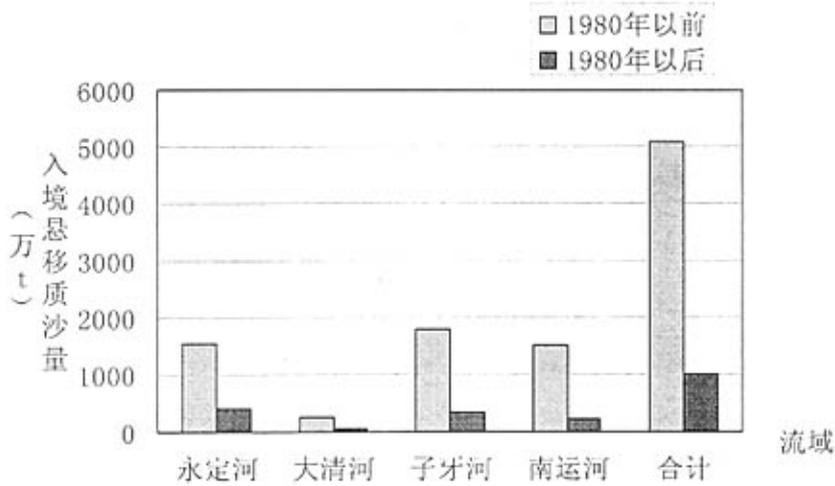


图 3-1 河北省入境悬移质沙量比较图

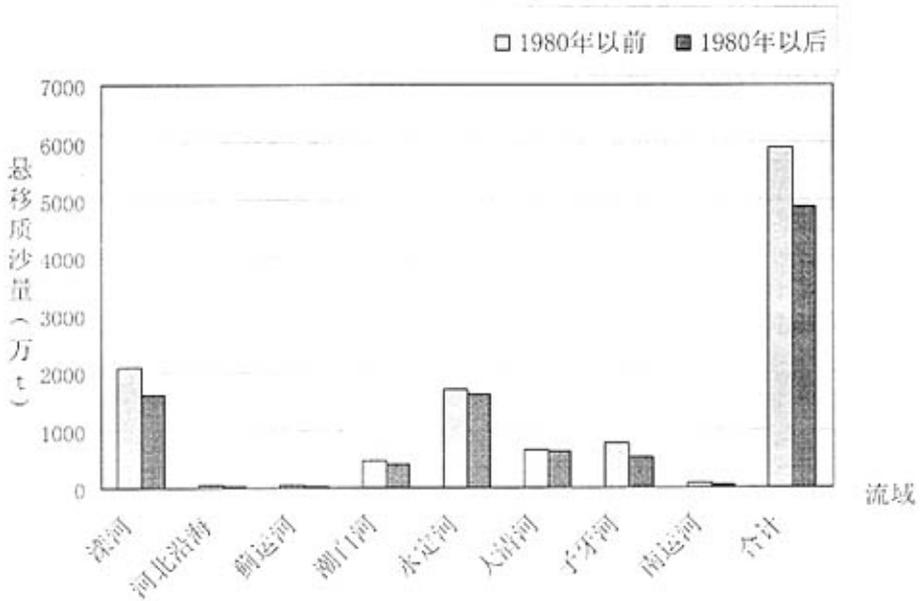


图 3-2 河北省悬移质沙量（山区）比较图

### (3) 水质净化

不论是何种地面水体，其本身有不同程度的自净作用，即可消减一定量污染物，但纳污能力是有限的，用允许纳污量来表示，计算方法如下：

$$W=86.4CnQ$$

式中， $W$  为允许纳污量(kg/d)； $Cn$  为水质标准(mg/L)； $Q$  为流量( $m^3/s$ )。

从上述公式中可以看出，水体允许纳污量与水质标准和水体流量相关。河北省水体平均流量基本变化不大，水质标准基本不变，其允许纳污能力稳定，地表水污染物排放

越多，水质越差，其水质净化能力越差。河北省绝大多数水体中输入的污染质总量大于输出的总量，每年由工业、城镇居民生活农田和水产养殖排入水中的 COD，由于化肥施用、水产养殖和畜禽养殖排入水中的氮、磷，大大超过水体本身的自净能力，造成生态阻滞，引起水质恶化。近年来，随着污染物排放量的增多，水生态系统净化能力愈差。

### ①河流

2000 年河流水质较 1980 年明显变差，评价 67 处监测站点，1939km 控制河长中，1980 年 47%河长水质为 I~III 类，28%水质为超 V 类，2000 年 31%河长水质为 I~III 类，52%水质为超 V 类，河长统计比较见图 3-3。20 年中污染河长增加了 16%，丧失利用功能河长增加了 24%，河流水质下降，水质净化功能下降。

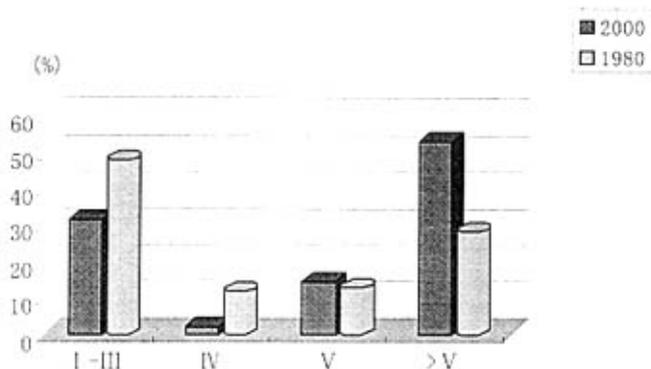


图 3-3 河北省 1980 与 2000 年水质评价河长统计比较图

### ②水库

各类水质水库个数占总水库的比例见图 3-4。II 类水质水库个数占总水库的比例 2000 年至 2003 年间呈上升趋势；III 类水质水库个数占总水库的比例 2000 年至 2003 年呈下降趋势；IV 类水质水库个数占总水库的比例变化不大。水库水质基本稳定，有变好趋势，净化水质功能基本稳定，有加强趋势。

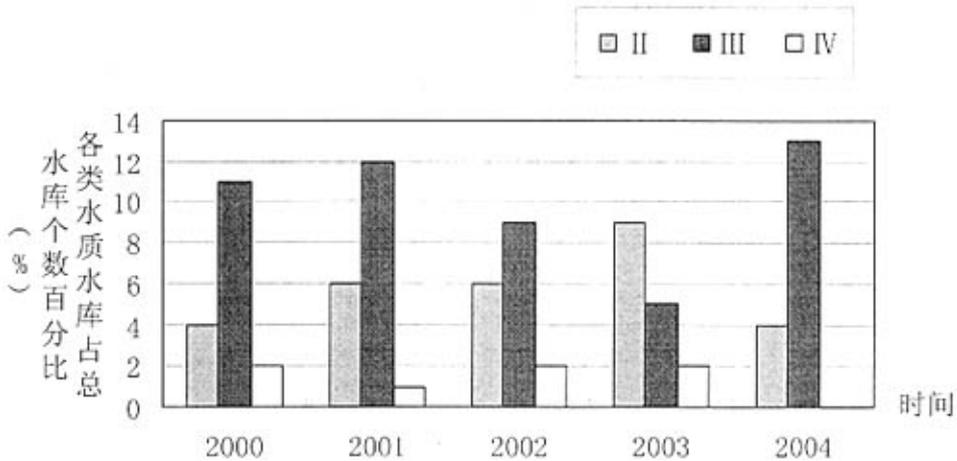


图 3-4 各类水质水库占总水库个数百分比比较图

### ③湖泊

根据白洋淀淀区 13 个断面水质监测结果进行年度水质评价,2000 年白洋淀 III 类水质占 23.0%, IV 类水质占 38.5%, 超 V 类水质占 38.5%; 2001 年至 2004 年中白洋淀干淀。2000~2004 年除白洋淀外, 仅衡水湖有水, 全年平均为超 V 类水质。湖泊呈干淀趋势, 净化水质功能减弱。

### (4) 气候调节

气候调节包括温度和湿度两方面, 水量、蒸发量和降水量等因素的变化反映调节湿度能力的变化。水量越大, 调节湿度能力越强, 蒸发量相对于降水量越大, 其调节湿度越为重要。近年来, 河北省水资源量减少, 蒸发量相对于降水量越来越高, 河北省水生态系统气候调节功能下降。

## 3.2.3 生命支持功能

河北省大量工业污水和生活污水未经处理直接排入地表水体, 使水生生态系统发生逆向转化——受重金属污染或高度富营养化影响, 加上旅游的开发, 农药化肥的大量施用等, 水生群落物种结构的多样性被破坏, 水环境污染严重, 野生动植物的栖息环境丧失, 水生生物物种减少; 随着经济的发展, 河北省外贸交流日益频繁, 大量的外地或外国物种的引进项目, 加上自然保护区等地的植被恢复使用外来物种, 使得生物入侵较为普遍, 导致原有生物的生存条件恶化; 为了蓄水排灌, 建设了很多涵闸, 改变了水生态系统原有的格局, 影响了水的连通程度和循环速度, 破坏了原有的景观

廊道，还改变了水生生物的生境，使生物多样性不断下降。总之，水生态系统呈现出脆弱、不完善、发育不成熟、生态过程多受人工控制、不能充分发挥其生态服务功能的迹象，为人类提供的生态环境质量下降，生命支持功能大大降低。

### 3.2.4文化美学功能

河北省历史文化悠久，文物古迹众多，有景观水的旅游资源有限，据 2000 年入境旅游者抽样调查综合分析报告中调查数据进行分析，得出在中华始祖、长城精绝、皇家胜迹、红色文化、健身休闲、滨海度假、多样生态、商务会展等多个项目的选项中，水生态系统在旅游收入中的作用比例仅占 12.3%；加上近年来水资源的减少，水质的恶化，河北省水生态系统文化美学功能减弱。

### 3.2.5河北省水生态系统服务功能状况小结

河北省水生态系统提供资源功能基础极弱，近年来又迅速减弱，目前已成为制约经济社会的一个严重问题。随着降水量的减少，涝灾的减少，原本不强的洪水调蓄功能相对增强。水体内泥沙含量减少，加上对河流、湖泊及时清淤，泥沙生态阻滞现象大为减少；随着污染物排放量的增多，地表水量的减少，水质净化功能更弱；河流水质下降，水质净化功能下降；水库水质基本稳定，有变好趋势，净化水质功能基本稳定，有加强趋势；湖泊呈干淀趋势，净化水质功能减弱。水资源量减少，蒸发量相对于降水量越来越高，气候调节功能下降。生态环境的恶化，生态系统结构的破碎，生物入侵现象的出现，生命支持功能大大降低，应该引起重视。文化美学功能基础弱，近年来随着水资源的减少，水质的恶化，文化美学功能减弱。

### 3.2.6河北省水生态系统服务功能存在的主要问题

河北省水生态系统存在的问题可归纳为水资源严重短缺、水生态过程的生态阻滞或耗竭、生态系统结构的破碎与功能的板结和水生态调控机制的匮乏和水生态意识的低下 4 个方面。

#### (1) 水资源严重短缺，水生态系统服务功能基础极弱

河北省多年平均水资源总量为 203 亿  $m^3$ ，人均水资源量为 298 $m^3$ ，属资源型严重

缺水省份，水生态系统服务功能不能正常发挥，基础极弱。

#### (2) 水生态过程的生态阻滞或耗竭

水体生态系统是一开放系统，它不断地与外部环境进行物质、能量和信息的交换，并有趋向输入与输出平衡的趋势。河北省的平均年蒸发量（介于 1343.0~2369.5mm 之间）远远大于降雨量（介于 350~815mm 之间）。由于社会经济的迅速发展，水资源需求量远远超过了当地超渗产流所产水资源所能供应的水量，已形成水资源的生态耗竭。河北省绝大多数水体中输入的污染质总量大于输出的总量，河北省污染物的排放，大大超过水体本身的自净能力，造成生态阻滞，引起水质恶化。

#### (3) 生态系统结构的破碎与功能的板结

长期的人类开发活动中，一些不合理的开发行为，引起生态系统的系统耦合在结构和功能关系上的错位和失谐，导致结构的破碎和功能的板结。如不断地填河修路，围湖造田，水面和湿地面积越来越小，河北境内湖泊呈干枯萎缩趋势；自然因素和人类活动共同作用下，地下水的状态（地下水位、地下水矿化度、包气带含水量、包气带含盐量）发生根本改变，导致地下水位升降、地下水量增减，水质演化等，进而引起土地荒漠化、植被草场变化等生态环境发生变化；随着道路及建筑物的扩大使得河北省地表硬化覆盖面积越来越大，水文循环的紊乱，土壤调节水分能力削弱和部分生物群落的消失，使得自然系统服务功能减弱。人工涵闸的建设，改变了水生态系统原有的格局，影响了水的连通程度和循环速度，破坏了原有的景观廊道，还改变了水生生物的生境，使生物和景观的多样性不断下降。

#### (4) 水生态调控机制的匮乏和水生态意识的低下

在整体上水生态调控机制匮乏，管理体制紊乱。如流域内农、林、水利、水产、旅游、环保各部门，在涉及水与水体的利用和保护的问题中，往往条块分割，缺少统一的规划。低下的生态意识也是造成对水的社会行为在经济和生态关系上的冲突和失调重要原因之一，城区沿河两岸部分居民直接向河中倾倒垃圾；一些水产养殖户，在天然水体中过度网围养殖与投饵，追求高产，不顾对水体生态系统结构和功能的破坏。

## 4 河北省水生态系统服务功能重要性评价

### 4.1 提供资源功能

科学合理的选取指标，将其量化，根据专家系统意见，构建判断矩阵，确定各指标权重，并利用 Arcview 软件得到提供资源功能重要性评价图。

#### (1) 指标的选取

**水资源功能：**为保护水资源，依法控制水环境污染，对水资源进行功能分区，由于水资源具有不同的使用功能，各种使用功能对水资源质量的要求不同，重要性不同，因此可将具有不同功能的水资源作为一项指标。

**人均水资源量：**是反映水资源量的丰缺程度的一项指标，主要决定于区域水资源量的大小以及人类活动强度，用于反映水资源量对区域复合生态系统支持程度。反映水资源量的丰缺程度因子有人均水资源量、亩均水资源量、万元产值水资源量等多种，但是工农业生产与人均占有水资源量有密切的关系，因此选取人均水资源量作为提供资源功能的主要因子。

#### (2) 指标的量化

##### ① 水资源功能

根据《河北省水功能区划》和《河北省各类环境敏感区一览表》，结合《国家生态功能区划暂行规程》（见表 4-1），将具有不同功能水资源赋值（见表 4-2）。

表 4-1 水资源功能分级赋值表

生态功能	其他	农业用水	工业用水	多功能水域	饮用水源地
分级赋值	1	3	5	7	9

表 4-2 河北省地表水功能分级赋值表

水系	河流	区划河段	赋值	水系	河流	区划河段	赋值
滦河及冀东沿海水系	伊逊河	围场县源头至滦平县李台入滦河	5	大清河水系	拒马河	涞源县源头至雄县新盖房入人清河	9
	武烈河	围场县源头至承德市入滦河	5		白沟河	保定入廊坊界入人清河	9
	柳河	兴隆县源头至兴隆人杖子(二)入滦河	5		潞龙河	入省境至阜平县干林口入干扶水库	9
	瀑河	平泉县源头至宽城下游入滦河	5		府河	白洋淀入口	5

续表 4-2 河北省地表水功能分级赋值表

水系	河流	区划河段	赋值	水系	河流	区划河段	赋值	
滦河及冀东沿海水系	滦河干流	隆化县源头至兴隆县潘家口水库入口	5	大清河 子牙 衡水 漳 其他	漕河	白洋淀入口	5	
		潘家口水库出口至乐亭县入海口	3		孝义河	白洋淀入口	5	
	青龙河	青龙河源头至卢龙县田庄子入海	7		白洋淀		9	
	石河水库	库区	9		西大洋水库	库区	9	
	石河	柳工公路大桥至石河入海口	9		唐河	入省境至唐县白合入西大洋	7	
	大黑汀水库	库区	9		大清河	大清河出境	5	
	汤河水库	库区	9		安各庄水库	库区	9	
	汤河	源头至汤河入海口	7		龙门水库	库区	9	
	戴河	源头至戴河入海口	5		冶河	地都至黄壁庄水库入口	9	
	洋河	源头至洋河入海口	9		瀑沱河	瀑沱河入省境至深泽县枣营村	9	
	饮马河	源头至饮马河入海口	3		瀑沱河	瀑沱河至深泽县枣营村	3	
	新开河	源头至入海口	5		石井总干渠	黄壁庄副坝至新集市南长村	3	
	引滦入津	淋河、沙河、黎河	9		黄壁庄水库	库区	9	
	陡河水库	库区	9		朱庄水库	库区	9	
	陡河	源头至丰润县涧河口入海	9		溢阳河	源头至山市境	7	
	桃林口水库	库区	9		溢阳河	源头至邯郸市境	9	
	邱庄水库	库区	9		溢阳河	入境至邯郸市境	3	
	还乡河	邱庄水库至山境界	7		牛尾河		3	
	北三河水系	沟河	北京来水经二河县入大津		5	汶河		3
		白河			9	溢阳河	入境至山市境	3
潮河		源头至滦平县入密云水库	9	衡水湖	湖区	9		
潮白河		北京来水经香河县吴村入天津	3	子牙新河	献县间至马棚口防潮河	3		
北运河		北京来水经香河县入天津	3	临城水库	库区	9		
龙河			3	岗南水库	库区	9		
清水河		源头至入省境入北京	9	朱庄水库	库区	9		
永定河水系	清水河	源头至老鸦庄入洋河	5	清漳河	入境至台章	9		
	洋河水库	库区	9	浊漳河	入境至北馆陶	9		
	洋河	入省界至怀来县八号桥入官厅水库	3	岳城水库	库区	9		
	洋河	怀来县至入官厅水库	5	卫河	入境至北馆陶	5		
黑龙港及运东水系	桑干河	入省界至涿鹿县温泉屯入洋河	9	南运河	入境至大津界	5		
	南排河	源头至入海口	3	入淀淀水库	淀区	9		
	宣惠河	源头至入海口	3	北排河	源头至入海口	3		
	引黄汲冀	引黄河水入省境	5			1		
	廖家洼河	源头至入海口	3					
	沧浪河	源头至入海口	3					
	子牙新河	源头至入海口	3					
	黑龙港	河北段	3					

## ②人均水资源量

根据河北省区域水资源分布特征,结合社会经济发展需求以及“国际人口行动”提出的“可持续水-人口和可更新水的供给前景”报告的人均水资源丰缺程度评价标准(表 4-3),将位于不同区域的河流按照区域的人均水资源状况赋值。

表 4-3 人均水资源量分级赋值表

人均水资源量 (m <sup>3</sup> /人)	<500	500-1000	1000-1700	1700-2500	>2500
分级赋值	9	7	5	3	1

### (3) 权重的确定

根据韦伯(weiber)定律采用三标度层次分析法(AHP)确定指标的权重。设有  $n$  个指标分配权重,其计算步骤为:

构造主观比较矩阵:  $C=[C_{ij}]_{n \times n}$  式中,

$$C_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{指标 } i \text{ 比指标 } j \text{ 重要} \\ 0 & \text{指标 } i \text{ 与指标 } j \text{ 同等重要} \\ -1 & \text{指标 } i \text{ 不如指标 } j \text{ 重要} \end{cases}$$

建立感觉判断矩阵:  $S=[S_{ij}]_{n \times n}$  式中,  $S_{ij}=d_i-d_j$ ;  $d_i=\sum_{j=1}^n C_{ij}$ ;  $d_j=\sum_{i=1}^n C_{ij}$

计算客观判断矩阵:  $R=[r_{ij}]_{n \times n}$  式中,  $r_{ij}=P(S_{ij}/S_m)$ ;  $S_m=\max_{i,j} S_{ij}$ ;  $P$  为使用者定义

标度扩展值范围。本文定义  $P=5$ 。

确定权重值:将客观判断矩阵  $R$  作归一化处理,得  $n$  个指标的权重向量  $[W_1, W_2, \dots, W_n]$ 。

最终得水资源功能、人均水资源量权重分别为 0.5。

### (4) 综合评价

用 Arcview 软件将各项指标矢量化赋予属性,利用软件中的空间叠加分析功能,参照指标权重,综合叠加各指标矢量图,得到河北省提供资源功能重要性评价图 4-1。



功能的重要程度,专家系统意见,构造判断矩阵,确定权重,综合分析,并利用 Arcview 软件得出洪水调蓄功能重要性评价图。

#### 4.2.1.1 水库

本文在河北省水利厅 2003 年 1 月完成的《河北省水资源评价》基础上,结合实际调查,共统计了河北省 22 座大型水库和 35 座中型水库。

##### (1) 指标的选取、权重的确定

选取库容、集水面积和多年平均悬移质淤积量三项指标。

专家系统意见,构造判断矩阵,确定库容、集水面积和多年平均悬移质淤积量权重分别为 0.525、0.20 和 0.275。

##### (2) 指标的量化、无量纲化及加权求和

指标数据的无量纲化,指对不同量纲的原始数据进行同量度处理,它是多指标综合评价的基础。在此采用求和标准化法,进行数据无量纲化处理。

$$X_{ij} = X_{ij} / \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,n)$$

采用加权求和的多指标综合评价模型,其表达式为:  $A = \sum_{i=1}^n W_i * P_i$

式中, A 为洪水调蓄服务功能重要程度;  $W_i$  为各评价指标的相对权重;  $P_i$  为各评价指标的值; n 为评价指标项数。

表 4-4 河北省主要水库洪水调蓄功能指标值及加权求和结果

水库	库容 (亿 m <sup>3</sup> )	集水面积 (km <sup>2</sup> )	多年平均悬移质淤积量 (万 t/a)	加权求和结果
东武仕	1.52	350	13.88	0.0166
临城	1.71	384	29.57	0.0154
朱庄	4.16	1220	19.95	0.0487
岗南	15.71	15900	617.50	0.0733
黄壁庄	12.1	23400	621.42	0.0302
横山岭	2.43	440	37.64	0.0227
桃林口	8.59	3550	4.0	0.1089
官厅	41.6	430000	1280.9	0.0420
大黑汀	3.37	44100	98	0.4500
口头	1.06	142.5	38.96	0.0049
干快	13.89	3770	182.24	0.1381
西大洋	11.37	4420	274.99	0.0862
龙门	1.18	470	29.86	0.0086
安格庄	3.09	476	47.25	0.0289
邱庄	2.04	525	2.72	0.0254
陡河	5.15	530	7.06	0.0637
洋河	3.53	755	3.81	0.0442

续表 4-4 河北省主要水库洪水调蓄功能指标值及加权求和结果

水库	库容 (亿 m <sup>3</sup> )	集水面积 (km <sup>2</sup> )	多年平均悬移质淤积量 (万 t/a)	加权求和结果
庙宫	1.83	2400	367.59	-0.0546
友谊	1.16	2250	80.31	-0.0016
云州	1.02	1170	106.79	-0.0091
潘家口	26.23	33700	924.27	0.1483
岳城	12.05	18100	451.35	0.0639
青塔	0.1271	76	3.52	0.0008
车谷	0.3799	124	6.26	0.0034
口上	0.3208	139	11.48	0.0017
东石岭	0.6840	169	4.09	0.0076
野沟门	0.5040	518	20.03	0.0021
马河	0.2445	94	4.31	0.0023
乱木	0.1410	46	2.30	0.0010
南平旺	0.5522	111	5.20	0.0057
白草坪	0.4492	230	3.48	0.0052
八一	0.7387	139	8.71	0.0075
石板	0.1750	86.4	16.58	-0.0015
下观	0.1846	45	0.89	0.0018
燕川	0.4700	10.8	3.64	0.0050
红领巾	0.4146	72.5	7.28	0.0036
龙潭	0.1178	50	1.92	0.0013
瀑河	0.9750	26.3	1.78	0.0118
旺隆	0.1215	37	1.40	0.0013
马头	0.0822	49	1.40	0.0008
垒子	0.0993	25.1	2.11	0.0005
上关	0.3687	175	5.07	0.0036
般若院	0.5457	130	8	0.0052
房官营	0.1054	25	1	0.0013
水胡同	0.4042	100	3.23	0.0044
石河	0.7	560	12.6	0.0064
黄土梁	0.2830	324	17.17	0.0003
钓鱼台	0.1312	160	11.19	-0.0009
窟窿山	0.1430	130	4.22	0.0008
大庆	0.1350	82	3.64	0.0008
二旗村	0.1013	47.8	1.31	0.0008
壶流河	0.87	1717	28.81	0.0058
响水浦	0.575	14140	82.70	-0.0039
西洋河	0.119	617.6	27.21	-0.0040
黄盖潭	0.82	2136	2.44	0.0110
大青沟	0.139	248	3.83	0.0010
闪电河	0.357	890	6.71	0.0038

#### 4.2.1.2 湖泊洼淀

本文根据河北省防洪抗旱指挥部办公室 2003 年完成的《河北省蓄滞洪区防洪预案》，对河北省主要湖泊洼淀进行评价。

##### (1) 指标的选取、权重的确定

选取设计滞洪水位、滞洪量和区内人口三项指标。设计滞洪水位和滞洪量反映湖

泊洼淀的蓄纳洪水能力；涉及人口反映湖泊洼淀的重要程度。

专家系统意见，构造判断矩阵，确定设计滞洪水位、滞洪量和区内人口权重分别为 0.20、0.475 和 0.325。

(2) 指标的量化、无量纲化处理及加权求和

无量纲化处理采用求和标准化法，加权求和结果见表 4-5。

表 4-5 河北省主要湖泊洼淀洪水调蓄功能指标值及加权求和结果

名称	设计滞洪水位 (m)	滞洪量 (m <sup>3</sup> )	区内人口 (万人)	加权求和结果
小清河分洪区	27.21	4.08	14.66	0.058
永定河分洪区	17.40	4.0	12.69	0.047
东淀	6.44	10.25	11.03	0.061
兰沟洼	25	2	20.09	0.055
白洋淀	10.5	10.7	38.78	0.103
文安洼	8.0	33.87	66.92	0.230
献县泛区	16.4	6.64	13.07	0.057
滏阳河中游洼地	30	25.34	19.91	0.151
永年洼	45.5	0.54	1.22	0.041
大名泛区	44.2	2.1	26.6	0.080
贾口洼	8.0	14.54	15.11	0.084
盛庄洼	3.0	0.218	0.76	0.004
衡水湖	3.3	3.7	0.38	0.018

#### 4.2.1.3 综合评价

水库与湖泊洼淀的洪水调蓄能力不同，应区别对待，专家系统意见，构造判断矩阵，得到水库与湖泊洼淀的权重分别为 0.315 和 0.685；用 Arcview 软件将水库、湖泊洼淀加权求和结果矢量化赋予属性，综合水库、湖泊洼淀权重，利用软件中的空间叠加分析功能，参照其权重，综合叠加水库、湖泊洼淀矢量图，得到河北省水生态系统洪水调蓄功能重要性分布图 4-2。



图 4-2 河北省水生态系统洪水调蓄功能重要性评价图

河北省水生态系统洪水调蓄功能极重要区为官厅、潘家口、王快、桃林口、岗南、岳城、陡河、朱庄和洋河水库；重要区为大黑汀、黄壁庄、安格庄、邱庄、横山岭、东武仕、临城、瀑河、黄盖潭水库和滏阳河中游洼地、白洋淀、大名泛区、贾口洼；比较重要区为兰沟洼、献县泛区、东淀和龙门、东石岭、八一、石河、壶流河、南平旺、白草坪等水库；一般地区为永年洼、盛庄洼和钓鱼台、石板等小型水库。

#### 4.2.2 河流输送

河流具有输沙和输送营养物质等生态服务功能，本文仅对河流输沙功能进行评价。多年平均悬移质输沙量反映河流输沙功能的强弱，多年平均悬移质输沙量越大，河流输沙功能越大，其他未统计河流划分为一般地区。

表 4-6 河北省主要河流多年平均悬移质输沙量统计表

水系	河名	多年平均悬移质输沙量 (10 <sup>4</sup> t)	水系	河名	多年平均悬移质输沙量 (10 <sup>4</sup> t)
滦河及冀东沿海	闪电河	0.739	永定河	永定河	25.1
	伊逊河	147		桑干河	101
	武烈河	144		清水河	107
	老牛河	48.3		滏阳河	13.4
	柳河	1.09		壶流河	326
	瀑河	25.7		南洋河	352
	青龙河	66.1		洋河	139
	沙河	14.89		北易水	104
	滦河	215.3		大清河	164
	陡河	8.02		沙河	153
	新开河	24		郃河	142
	泉水河	2.76	孝义河	5.83	
	龙湾河	1.2	漕河	1.29	
	汤河	2.44	瀑河	6.82	
	戴河	302	拒马河	17.6	
	石河	6.21	沙河	58.3	
	洋河	4.84	褚龙河	19.3	
	潮河	0.003	白沟河	14.4	
潮白蓟运河	沙河	18.6	子牙河	磁河	35.3
	还乡河	2.22		子牙河	41.1
	洵河	2.24		济河	65.2
	鲍邱河	11.2		滹沱河	78.8
	潮白河	4.84		七里河	1.11
	青龙湾减河	138		沙河	3.74
	北运河	9.22		小马河	2.01
	潮河	19.9		槐河	30.8
白河	189	绵河		251	
南运河	清漳河	248		犬平沟	13.4
	漳河	303		氏河	23.5
	卫运河	14.2	安固里河	13.4	
辽河	辽河	12.1	内陆河	东洋河	0.615
		大清沟		10.9	
		二道河		29.3	

用 Arcview 软件将多年平均悬移质输沙量矢量化赋予属性, 分级得到河北省河流输送功能重要性分布图 4-3。



图 4-3 河北省河流输送功能重要性评价图

河北省河流输送功能极重要地区分布在滦河水系的蚂蚁吐河、伊逊河的中上游、永定河水系洋河上游、壶流河、桑干河以及大清河水系的沙河王快水库以下、子牙河水系的冶河下游；重要地区分布在滹沱河、白河、武烈河等地；比较重要地区分布在桑干河、青龙河等地；一般地区分布在河北沿海、滦河上游。

### 4.2.3 水质净化

科学合理的选取指标，并分别计算河流和湖泊沱淀指标值，根据专家系统意见，构建判断矩阵，确定各指标权重，并将指标加权求和；根据水库、湖泊沱淀对水质净化功能的重要程度，确定权重，综合分析，并利用 Arcview 软件和权重，综合叠加各指标矢量图，得到水质净化功能重要性评价图。

#### 4.2.3.1 指标的选取、权重的确定

本文选取 COD、氨氮最大允许纳污量作为指标，其反映了对人类净化水质功能的

重要程度，在允许排污的前提下，水体自净能力越强，纳污能力越强，水质净化功能对人类越重要。

根据专家系统意见，构造判断矩阵，确定 COD、氨氮最大允许纳污量权重分别为 0.5。

#### 4.2.3.2 指标的量化、无量纲化及加权求和

##### 一、水质模型选取与参数确定

##### (1) 河流

##### ①平原河流

由于河北省大部分平原河流为季节性河流，仅汛期有水，设计流量为零，对于设计流量为零的平原季节性河流，不进行污染物衰减自净的水质模型计算。

##### ②山区河流

山区河流一般流量小，环境容量小，水质模型采用一维恒定流模型。即：

$$C = C_0 \exp(-kx/u)$$

式中：C——河段下断面污染物浓度，mg/L；

$C_0$ ——河段上断面污染物浓度，mg/L；

x——上、下断面间距离，km；

u——设计流量下河段平均流速，km/d；

k——污染物衰减系数，1/d。

##### ③参数确定

##### 污染物衰减系数 K 的确定

污染物衰减系数 K 是计算水体纳污能力的一项重要参数。由于不同的污染物和不同的水体、不同的环境条件，其衰减系数是不同的。污染物的衰减系数 K 用实测资料反推法求取。

$$K = (\ln C_1 - \ln C_2)u/x$$

式中： $C_1$ ——河段上断面污染物浓度，mg/L；

$C_2$ ——河段下断面污染物浓度，mg/L；

u——设计流量下河段平均流速，km/d；

x——上、下断面间距离，km。

经实测资料反推，求得滦河、永定河水系的清水河、洋河、桑干河及永定河 COD、

氨氮衰减系数。在纳污能力计算时，以上河流采用实际计算结果，其他河流采用均值进行计算。衰减系数计算结果见表 4-7。

表 4-7 衰减系数 K 统计表

河流	COD 衰减系数	氨氮衰减系数
滦河	0.30	0.34
清水河	1.84	3.48
洋河	4.08	6.18
桑干河		0.40
永定河	3.51	1.38
平均值	1.67	2.02

#### 河流平均流速 $u$ 的确定

河流平均流速  $u$  是在设计流量确定的基础上，从水文年鉴查得设计流量下相对应得河流平均流速。

#### 上游来水污染物背景浓度 $C_0$ 的确定

如现状水平年  $C_0$  小于规划水质标准值，直接采用现状实测平均值；如现状水平年  $C_0$  大于规划水质标准值，取上游断面规划标准值。

#### 设计流量确定

河北省除滦河水系外，多数河流存在断流问题，近十几年来，平原大多数季节性河道除汛期外基本常年断流，根据大纲要求，考虑到河北省上述实际情况，对设计流量的确定按下述原则：

常年有水河道时计流量的确定：选取枯水期（除 6~9 月份外的其余 8 个月）10 年约平均流量进行计算，按 90% 保证率枯水期月平均流量作为设计流量。集中生活饮用水源区采用 95% 保证率枯水期月平均流量作为设计流量。有闸坝控制的以农业用水为主导使用功能的河段，关闸时间较长时，接近 10 年平均低水位下的水体容积作为设计水量。如上述情况下规划河段设计流量（水量）仍为零，则该河段水体功能基本丧失，不计算河段允许纳污量，记为 0。

#### (2) 湖泊洼淀

湖泊洼淀采用推流衰减模型。

$$C = C_i \exp(-KQ_H r^2 / 2q_i)$$

式中： $C$ —— $r$  处污染物浓度， $\text{mg/L}$ ；

$C_i$ ——排污口污染物浓度， $\text{mg/L}$ ；

$K$ ——污染物衰减系数， $1/d$ ；

Q——污染物在洼淀水中的扩散角，弧度，如排污口在平直的岸边， $Q = \pi$ ；

H——污染物扩散区平均水深，m；

r——据排污口距离，m；

$q_i$ ——排污口入洼淀污水量， $m^3/s$ 。

湖库、洼淀设计水量原则：选取枯水期（除6~9月份）10年月平均水量进行计算，按90%保证率枯水期月平均水量作为设计水量。其他参数确定同河流参数确定。

## 二、最大允许纳污量计算

根据确定的设计水量、水功能区的水资源保护目标和水质标准，通过模型计算水体最大允许纳污量。

### (1) 河流

#### ①平原河流

由于平原河流大部分设计流量为“0”，对于设计流量为零的平原季节性河流，其最大允许纳污量为“0”。

#### ②山区河流

山区河流的最大允许纳污量计算采用一维恒定流模型进行计算。计算公式为：

$$W_j = 86.4 \left\{ \left( Q + \sum_{i=1}^n q_i \right) C_s - Q_1 C_0 \exp(-kx/u) + \sum_{i=1}^n q_i C_i [1 - \exp(-kx_i/u)] \right\}$$

$$W_{\Sigma} = \sum_{j=1}^m W_j$$

式中： $W_{\Sigma}$ ——河段最大允许纳污量，kg/d；

$W_j$ ——第*j*个计算单元最大允许纳污量，kg/d；

$m$ ——计算单元个数；

Q——规划河段设计流量， $m^3/s$ ；

$Q_1$ ——计算单元上断面流量， $m^3/s$ ；

$q_i$ ——第*i*个排污口、支流口流量， $m^3/s$ ；

$n$ ——计算单元排污口、支流口个数；

$C_s$ ——规划河段水质标准，mg/L；

$C_0$ ——规划河段上断面污染物浓度，mg/L；

$C_i$ ——第*i*个排污口、支流口污染物排放浓度，排污口为排放标准污染物浓度，支流口为支流口河段功能区要求的水质标准，mg/L；

$x$ ——计算单元上计算断面到下计算断面间距离，km；

$x_i$ ——第*i*个排污口、支流口到下计算断面间距离，km；

$u$ ——设计流量下河段平均流速, km/d;

$k$ ——污染物衰减系数, 1/d

86.4——单位换算系数。

其他未统计河流划分为一般地区。

无量纲化处理采用求和标准化法, 加权求和结果见表 4-8。

表 4-8 河北省主要河流水质净化功能指标值及加权求和结果

水系	河名	最大允许纳污量 (t/a)		加权求和	水系	河名	最大允许纳污量 (t/a)		加权求和
		COD	氨氮				COD	氨氮	
滦河及冀东沿海	闪电河	683.1	7.31	0.0020	永定河	永定河	7.93	24.93	0.0007
	伊逊河	617.85	9.66	0.0019		桑干河	803.22	176.13	0.0110
	武烈河	30858.85	270.11	0.0851		涓水河	4563.14	336.5	0.0466
	老牛河	319.78	98.6	0.0052		滏阳河	3838.3	304.76	0.0227
	柳河	304.6	50.07	0.0030		壶流河	223.69	3.18	0.0020
	瀑河	296.66	14.14	0.0014		南洋河	1222.58	1150.82	0.0381
	青龙河	514.56	0.05	0.0012		洋河	9136.2	1496.2	0.1131
	沙河	2784.76	40.92	0.0084		北易水	224.08	51.74	0.0031
	滦河	13931.01	124.49	0.0385		人清河	4.92	0.06	0.0000
	陡河	33348.84	2923.74	0.2094		沙河	10.16	0.49	0.0001
	新开河	2022.76	0.26	0.0048	郜河	53.7	3.72	0.0006	
	泉水河	937.59	0.88	0.0023	孝义河	317	71.36	0.0044	
	龙湾河	105.28	1.22	0.0003	漕河	18109.1	16513.15	0.5517	
	汤河	2818.55	4.24	0.0069	大清河	瀑河	262.86	15.26	0.0026
	戴河	0.6	0	0.0000		拒马河	51.3	2.08	0.0005
	石河	3190.66	0.95	0.0076		沙河	10.16	0.49	0.0001
洋河	23985.05	889.9	0.0965	褚龙河		58.08	5.31	0.0006	
潮河	457.58	0.05	0.0011	白沟河		120	0.1	0.0010	
潮白蓟运河	沙河	754.18	1.03	0.0018		磁河	2.96	0.16	0.0000
	还乡河	702.84	21.59	0.0026		子牙河	23.82	13.85	0.0006
	甸河	805.02	51.91	0.0042		洛河	6592.43	47.43	0.0567
	鲍邱河	116.5	19.3	0.0011		滹沱河	78.9	1.07	0.0007
	潮白河	559.11	38.33	0.0030		七里河	618.77	4.78	0.0053
	青龙湾减河	252.57	13.84	0.0012	沙河	12236.73	235.86	0.1088	
	北运河	15.29	3.77	0.0002	小马河	0.16	0.04	0.0000	
	潮河	457.58	0.05	0.0011	槐河	528.55	410.07	0.0144	
南运河	白河	120.72	6	0.0005	绵河	39.42	4.55	0.0004	
	清漳河	592.23	338.81	0.0165	天平沟	276.34	14.05	0.0027	
	漳河	2377	3.65	0.0058	氏河	0.68	1.71	0.0001	
辽河	卫运河	1286.6	12.7	0.0036	内陆河	安固里河	1097.1	17.21	0.0096
	辽河	1056.2	11.3	0.0028		东洋河	873.2	12.14	0.0077
						人清沟	832	13.5	0.0074
					二道河	649.2	11.3	0.0057	

## (2) 湖泊和洼淀:

湖泊洼淀最大允许纳污量计算采用推流衰减模型进行计算。计算公式为:

$$W=86.4c_iq_i=86.4c_s \exp (K\phi Hr^2/2q_i) q_i$$

式中:  $W$ ——湖泊洼淀最大允许纳污量, kg/d;

$C_i$ ——污染物允许排放浓度, mg/L;

$q_i$ ——污水量, t/d;

$C_s$ ——水环境质量标准, mg/L;

$K$ ——污染物衰减系数, 1/d;

$\phi$ ——污染物在洼淀水中的扩散角, 弧度, 如排污口在平直的岸边,  $\phi=\pi$ ;

$H$ ——污染物扩散区平均水深, m;

$r$ ——据排污口距离, m。

河北省 2000~2004 年仅白洋淀和衡水湖有水, 无水地区  $H$  为 0, 最大允许纳污量为 0。作为饮用水源地的湖泊、水库不作最大允许纳污量的计算。最后仅计算白洋淀最大允许纳污量 COD 为 11.30 t/a, 氨氮 236.06 t/a。

#### 4.2.3.2 综合评价

河流、湖泊洼淀水质净化功能不同, 根据专家系统意见, 构造判断矩阵, 确定河流、湖泊洼淀权重分别为 0.735 和 0.265; 将河流、湖泊洼淀加权求和结果量化, 运用 Arcview 空间叠加技术, 参照其权重, 综合叠加各指标失量图, 得到河北省水生态系统水质净化功能重要性评价图 4-4。



图 4-4 河北省水生态系统水质净化功能重要性评价图

河北省河流、湖泊洼淀水质净化功能极重要地区分布在大清河水系的漕河，滦河水系的陡河、洋河，子牙河水系的；重要地区为武烈河、洺河、清水河、滦河、南运河、滏阳河、清漳河、槐河和桑干河等河流；比较重要地区为安固里河、石河、大清沟等河流；一般地区为小型河流和湖泊洼淀区域。

#### 4.2.4 气候调节

本文评价水生态系统调节湿度的重要性，分别对河流、水库、湖泊洼淀科学合理的选取指标，将指标量化，根据专家系统意见，构建判断矩阵，确定各指标权重，将指标加权求和；参照河流、水库、湖泊洼淀对气候调节功能的重要程度，确定权重，并利用 Arcview 软件综合叠加各指标矢量图，得到河北省水生态系统气候调节功能重要性评价图。

##### 4.2.4.1 河流

## (1) 指标的选取、权重的确定

①年径流量 在一个年度中通过河流某个断面的水量称为该断面以上流域的年径流量，年径流量的多年平均值表明了某个断面以上流域地面径流的蕴藏量，它是重要的水文特征值，同时也是区域水资源的重要指标，年径流量越大，气候调节功能越强。

②干旱指数 是区别各地气候干湿程度的指标，通常以各地的年蒸发量与年降水量的比值  $r$  来表示。在湿润地区，降雨量大，蒸发量相对较小，在干旱地区，降水量小，蒸发量大，降水中的大部分消耗于蒸发，数值越大，越干旱，则其调节湿度功能越为重要。

根据专家系统意见，构造判断矩阵，确定年径流量和干旱指数权重分别为 0.65 和 0.35。

## (2) 指标的量化、无量纲化及加权求和

无量纲化处理采用求和标准化法，加权求和结果见表 4-9。

表 4-9 河北省主要河流气候调节功能指标值及加权求和结果

流域名称	河流名称	年径流量 (亿 $m^3$ )	干旱指数 $r$	加权求和	
滦河	滦河	38.65	2.76	0.2309	
	河北沿海	5.44	2.04	0.0405	
	蓟运河	5.92	2.31	0.0445	
	潮白河	6.60	3.49	0.0540	
	永定河	5.67	4.40	0.0532	
	大清北支	6.70	3.06	0.0525	
	大清南支	12.34	2.58	0.0819	
	滹沱河	5.08	2.61	0.0412	
	滏阳河	9.27	2.79	0.0657	
	漳河	2.05	2.77	0.0249	
	北四河	1.84	2.58	0.0228	
	海河	淀西清北	0.32	3.26	0.0176
		淀东清北	0.45	3.01	0.0171
淀西清南		0.94	2.83	0.0190	
淀东清南		2.78	2.69	0.0287	
滹滏区间		0.55	3.49	0.0200	
滏西		0.58	3.78	0.0215	
漳卫河		0.12	3.25	0.0164	
黑龙港		1.70	3.32	0.0256	
运东		4.14	3.37	0.0396	
徒骇马颊		0.02	3.94	0.0192	
辽河	辽河	2.67	3.42	0.0316	
内陆河	内陆河	1.65	4.61	0.0316	

## 4.2.4.2 水库、湖泊洼淀

## (1) 指标的选取、权重的确定

选取水量和干旱指数两项指标，蓄水量指水库、湖泊洼淀中年平均水的含量，水量越大，气候调节功能越强。

根据专家系统意见，构造判断矩阵，确定水量和干旱指数权重分别为 0.65 和 0.35。

## (2) 指标的量化、无量纲化及加权求和

## ① 水库

无量纲化处理采用求和标准化法，加权求和结果见表 4-10。

表 4-10 河北省主要水库气候调节功能指标值及加权求和结果

水库	平均蓄水量 (亿 m <sup>3</sup> )	r	加权求和	水库	平均蓄水量 (亿 m <sup>3</sup> )	r	加权求和
东武仕	0.0868	3.25	0.0158	云州	0.3295	3.94	0.0421
临城	0.3073	3.99	0.0245	潘家口	3.9345	1.91	0.3342
朱庄	1.5492	2.86	0.0512	岳城	1.8075	3.14	0.1620
岗南	3.3697	2.93	0.0976	青塔	0.0190	2.85	0.0122
黄壁庄	1.7623	3.66	0.0599	车谷	0.0570	3.29	0.0170
横山岭	0.6245	2.36	0.0257	口上	0.0480	3.54	0.0172
桃林口	1.2885	3.72	0.0482	东石岭	0.1025	3.29	0.0208
官厅	6.24	5.42	0.1807	野沟门	0.1835	3.01	0.0265
大黑汀	0.5055	2.03	0.0213	马河	0.0368	3.09	0.0146
口头	0.159	3.49	0.0187	乱木	0.0213	3.69	0.0155
王快	2.9292	3.04	0.0869	南平旺	0.0828	2.06	0.0146
西大洋	3.4926	3.27	0.1021	白草坪	0.0675	3.80	0.0198
龙门	0.1551	2.67	0.0151	八一	0.1108	3.30	0.0215
安格庄	1.039	2.53	0.0369	石板	0.0263	2.21	0.0104
邱庄	0.3274	2.21	0.0176	下观	0.0278	4.34	0.0185
陡河	0.4142	2.80	0.0222	燕川	0.0705	3.34	0.0183
洋河	0.4125	2.12	0.0194	红领巾	0.0623	3.29	0.0175
庙宫	0.0593	2.91	0.0137	龙潭	0.0178	3.71	0.0153
友谊	0.1605	4.33	0.0222	瀑河	0.1463	3.00	0.0234
旺隆	0.0182	2.74	0.0119	窟窿山	0.0215	2.90	0.0126
马头	0.0123	2.80	0.0121	大庆	0.0203	2.71	0.0118
垒子	0.0150	2.26	0.0098	三旗杆	0.0153	2.56	0.0108
上关	0.0553	2.31	0.0111	壶流河	0.2794	3.94	0.0379
般若院	0.0818	2.15	0.0111	响水浦	0.0863	2.95	0.0182
房官营	0.0158	2.33	0.0102	西洋河	0.0178	4.10	0.0168
水胡同	0.0608	2.09	0.0103	黄盖潭	0.1230	4.81	0.0282
石河	0.4721	2.09	0.0207	大青沟	0.0208	5.10	0.0208
黄土梁	0.0425	2.04	0.0096	闪电河	0.083	3.93	0.0216
钓鱼台	0.0198	3.15	0.0137				

## ② 湖泊洼淀

2000 ~2004 年，河北省湖泊洼淀仅白洋淀和衡水湖有水。无量纲化处理采用求和

标准化法，加权求和结果见表 4-11。

表 4-11 河北省主要湖泊气候调节功能指标值及加权求和结果

名称	平均蓄水量 (亿 m <sup>3</sup> )	干旱指数 r	加权求和
白洋淀	1.27	3.11	0.5710
衡水湖	0.764	3.48	0.4290

#### 4.2.4.3 综合评价

河流、水库、湖泊洼淀气候调节功能不同，根据专家系统意见，构造判断矩阵，确定河流、水库、湖泊洼淀权重分别为 0.32、0.34、0.34；将河流、水库、湖泊洼淀加权求和结果量化，运用 Arcview 空间叠加技术，参照其权重，综合叠加各指标矢量图，得到河北省水生态系统水质净化功能重要性评价图 4-5。



图 4-5 河北省水生态系统气候调节功能重要性评价图

河北省水生态系统气候调节功能极重要地区为白洋淀，潘家口、官厅、岳城、西

大洋、岗南和王快等水库，滦河、大清南支和滏阳河等河流；重要地区为黄壁庄、朱庄、桃林口和云州等水库，大清北支、蓟运河、滹沱河和壶流河等河流；比较重要地区为安各庄、黄盖潭、野沟门、横山岭、临城、友谊、八一等水库，辽河、安固里河、漳河、瀑河、陡河、石河和洋河等河流；一般地区为小型湖泊洼淀和河流区域。

### 4.3 生命支持功能

本文从生物多样性功能角度进行评价。科学选取指标，并将其量化，根据专家系统意见，构建判断矩阵，确定各指标的权重，用 Arcview 软件分别作出各指标矢量图，参照权重，综合叠加各指标矢量图，得出生物多样性功能重要性评价图。

#### (1) 指标的选取、权重的确定

本文选取保护物种的级别、物种数量比率、植被郁闭度三个指标。

①保护物种级别 指物种的保护等级，分为国家一级、国家二级、其他各国家与省级保护物种和无保护物种四个等级。

②物种数量比率 指物种数量占全省物种数量的百分比。

③植被郁闭度 指森林中乔木树冠彼此相接而遮蔽地面的程度。植被郁闭度大的区域物种数量、种类相应较多。

根据专家系统意见，构造判断矩阵，确定保护物种级别、物种数量比率和植被郁闭度权重分别为 0.455、0.42 和 0.125。

#### (3) 指标的量化

①保护物种级别 这一指标对河北省水生态系统各级自然保护区地区进行统计，其余赋值为 1。针对各级各类自然保护区，在咨询相关专家的基础上，把含有国家一级重点保护物种数不低于 6 种的自然保护区赋值为 7，低于 6 种的赋值为 5，其它两项不变，含其他国家与省级保护物种赋值为 3，把不含任何保护物种的赋值为 1。结果见表 4-12。

表 4-12 河北省水生态系统自然保护区保护物种级别分级赋值表

名称	重要保护物种数量及保护级别			级别
	国家一级	国家二级	省级	
白洋淀				5
南大港	3	21		5
衡水湖	7	69	—	7
滦河口上游(孟滦)				7
其他	—	—	—	1

②物种数量比率 由于基础资料的限制,河北省的总物种数仅包括高等植物、陆生脊椎动物和淡水鱼类。依据《国家生态功能区划暂行规程》(见表 4-13)和河北省自然保护区科学考察报告,对物种数量比率分级赋值见表 4-14。

表 4-13 物种数量比率分级赋值表

指标	重要性	赋值
优先生态系统,或物种数量比率>30%	极重要	7
物种数量比率15~30%	重要	5
物种数量比率5~15%	比较重要	3
物种数量比率<5%	一般	1

表 4-14 河北省水生态系统自然保护区物种数量比率赋值表

保护区名称	数量比率(%)	重要性
白洋淀	19.3	5
南大港	9.6	3
衡水湖	31.8	7
滦河口上游(孟滦)	14.7	3
其他	—	1

③植被郁闭度 植被的叶片对太阳光的红光有强烈的吸收作用,对近红外光有强烈的反射作用。依据该特性,通过极轨气象卫星(NOAA的AVHRR),于2003.10.70中午13:30时对河北省植被进行探测,得到河北省植被郁闭度影像图,再归一化处理。归一化值(0~1)越大,植被郁闭度越高。河北省植被郁闭度的归一化值0.01~0.37。参考河北省植被郁闭度实际情况,将河北省植被分布区域分级赋值为:

表 4-15 植被郁闭度分级赋值表

植被郁闭度	0.33~0.37	0.23~0.33	0.15~0.23	0.01~0.15
赋值	7	5	3	1

#### (4) 综合评价

用 Arcview 软件,将各指标值矢量化赋予属性,运用 Arcview 空间叠加技术,将上述指标矢量图叠加,得到河北省水生态系统生命支持功能重要性评价图 4-6。



图 4-6 河北省水生态系统生命支持功能重要性评价图

河北省水生态系统生命支持功能极重要地区为衡水湖、白洋淀、滦河口上游（孟滦）；重要地区为海兴、南大港；比较重要地区为河北省水生态系统植被较好的滦河流域的河流及水库、黄壁庄水库和岗南水库；一般地区为其它植被较一般的水生态系统。

#### 4.4 综合性评价

##### (1) 确定权重

水生态系统的各项服务功能重要性存在差异，根据专家系统意见，构造判断矩阵，确定各服务功能权重。

表 4-16 水生态系统服务功能综合评价各功能权重

服务功能	提供资源	洪水调蓄	河流输送	水质净化	气候调节	生命支持
权重	0.30	0.25	0.01	0.02	0.02	0.4

(2) 综合评价

综合考虑上述各项水生态系统服务功能要素，按表 4-22 给各重要性等级赋值，并考虑权重（表 4-21），采用最大值法求出重要性指数：

$$S_{ij} = \text{Max} (w_1S_{i1}, w_2S_{i2}, \dots, w_iS_{ij}), i=1, 2, \dots, 6$$

式中： $S_{ij}$  为  $j$  空间单元水生态系统服务功能重要性指数； $w_i$  为  $i$  因素权重值； $S_i$  为  $i$  因素重要性等级值。

表 4-17 河北省水生态系统服务功能综合评价等级表

重要性等级	极重要	重要	比较重要	不重要
重要性值	7	5	3	1

利用 Arcview 系统的空间叠加功能，参照各功能权重，将各功能重要性图叠加得到河北省水生态系统服务功能重要性综合评价图 4-7。



图 4-7 河北省水生态系统服务功能重要性评价图

(3) 评价结果

河北省水生态系统服务功能综合评价结果可分极重要、重要和比较重要和一般四个等级。

极重要地区主要为自然保护区和大型河流、水库。包括白洋淀、衡水湖、滦河口上游（孟滦）、海兴、南大港自然保护区；滦河水系的蚂蚁吐河、陡河、伊逊河的中上游，永定河水系洋河上游、壶流河、桑干河以及大清河水系的沙河王快水库以下、子牙河水系滏阳河、滹沱河和冶河下游，漳卫南运河水系的清漳河和漳河等；岗南、黄壁庄、大浪淀、岳城、西大洋、陡河、洋河、石河、汤河、桃林口、朱庄、大黑汀和邱庄水库。

重要地区为中型河流、水库和湖泊洼淀。包括滹沱河、白河、武烈河、漳河等河流；大黑汀、黄壁庄、邱庄、横山岭、东武仕、瀑河、黄盖淖水库；滏阳河中游洼地、大名泛区、献县泛区、永安洼、永定河泛区湖泊洼淀。

比较重要地区为兰沟洼、献县泛区、东淀；龙门、东石岭、八一、石河、白草坪等水库；桑干河、青龙河等河流。

一般地区为小型河流、水库、湖泊洼淀。

## 5 保护措施

优先考虑极重要地区，对极重要地区实施抢救性保护，然后逐步扩大范围，推广到其他地区，以下为极重要地区建议采取的保护措施：

### 5.1 水生态系统自然保护区

#### (1) 概况

河北省水生态系统自然保护区极重要地区包括白洋淀、衡水湖、滦河口上游（孟滦）、海兴、南大港自然保护区。白洋淀自然保护区主导功能为生命支持、洪水调蓄和提供资源，辅助功能为水质净化、调节气候；衡水湖、滦河口上游（孟滦）、海兴、南大港自然保护区主导功能为生命支持，辅助功能为提供资源、水质净化等。

#### (2) 保护措施

##### ① 保护水资源

水生态系统自然保护区的保护对象首先是水资源，如果没有水，水生态系统将不复存在，也就无从谈起保护生物和环境。保障维持必要的生态用水和清洁的水质是水生态系统自然保护区保护中的首要任务，必须坚持开源与节流并重，节流优先，治污为本，科学开源，综合利用。保障维持必要的生态用水主要通过两条途径解决：一是与上游地区搞好协调，统筹兼顾，生产、生活和生态用水综合平衡，合理利用和调度水资源。在水生态系统自然保护区上游和其周边地区要大力发展节水灌溉和节水工程，调整高耗水产业，停止新上高耗水项目，保证枯水期入水量足以维持水生态系统自然保护区实现良性循环的需要，严防干涸灾难重演。二是积极进行水生态系统自然保护区引水通道建设，南水北调中线工程实施后，可利用引江水补充淀水，以获得高质量的补充水源。

水生态系统自然保护区水体污染治理主要抓好三条措施：一是加大上游污染源治理力度，规范排污许可证制度和排污口管理制度，实现达标排放，加大农业面源污染治理控制力度，鼓励畜禽粪便资源化，减少水体污染，保证入水生态系统水质清洁。二是积极开展水生态系统自然保护区内生物治污工程，恢复水生态系统自然保护区的自然净化能力。在入自然保护区河口处建设污水处理生态工程，培植芦苇等挺水植物，在藻淀等地培育小叶浮萍等浮游植物和沮草等沉水植物，对污水进行生物净化。芦苇

除本身具有较强的抗污去污能力外，其错综复杂的根部生境对污染物的拦截、吸附作用也很大。沮草和小叶浮萍对 N、P 等元素具有较强的吸收能力。

### ② 严禁围地造田

加强监管，严格保护现有的湖滨带，严禁围地造田，对影响和破坏水生境的农田要退耕还湖还湿(地)，防止湖泊萎缩、水生态系统破坏。

### ③ 加固堤防

加固堤防，完善水利工程设施的建设与维护。积极搞好上游的水土保持工作，减少入水生态系统自然保护区泥沙淤积；利用枯水期积极进行湖底清淤，保持和提高蓄水调洪能力。

### ④ 开展恢复工程

开展水生态系统自然保护区恢复工程，保护生物多样性。对生态功能退化严重的区域，通过生物和工程措施，逐步恢复其生态功能，为丰富多样的水生动植物、珍稀鸟禽和其他鸟类创造良好的生境；严禁随意捕猎鸟禽，保护水域的生物多样性。

### ⑤ 加强法律法规建设

加强生态环境保护方面的法律、法规的宣传教育，提高当地居民依法保护环境的自觉性，积极主动地参与水生态系统自然保护区生态环境保护工作。

## 5.2 水库

### (1) 概况

河北省水库服务功能极重要地区包括岗南、黄壁庄、岳城、大浪淀、西大洋、衡水湖、陡河、洋河、石河、汤河、桃林口、朱庄、大黑汀和邱庄水库。其主导功能为提供资源和洪水调蓄，辅助功能为生命支持和气候调节等。

### (2) 保护措施

#### ① 建设高效节水防污的工业体系

水库上游地区应走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少，人力资源优势得到充分发挥的新型工业化道路。根据当地特点，应避免发展用水量大的产业。有关企业要进一步做好水源建设，推行节水减污的清洁生产技术。将污染从源头削减，并加强污水处理关键技术的应用和工艺设备的技术改造，加强节水工作，促进生产与环境保护协调发展。对耗水量很大的有关技术，应进一步论证其合理使用范围。通过

加大资金、技术和智力的投入，优化产业结构，改变生产增长方式，使资源高耗型的轻工业向资源节约型的现代轻工业转变。对难于治理的污染源采取停、转、并等措施。

### ②建设高效节水防污的农业体系

提高水库上游地区农业用水效率不仅是解决水资源供需矛盾的要求，也是社会经济与水资源可持续发展的客观要求。因此，推动水库上游地区经济增长方式转型的核心是：要用高投入、高产出、资源低消耗型的现代农业逐步取代低投入、低产出、资源高消耗型的传统粗放型农业。除常规田间节水技术，渠道防渗技术外，应结合农业产业结构调整大力发展喷滴灌等高效节水工程建设。特别对水资源缺少地区，除常规地面灌溉外，应逐步实施以管道灌溉为重点的高效节水技术。在农业用水不增加并逐步减少、耕地和灌溉面积总体不增加、农林区面源污染减少、生态环境逐步恢复改善的条件下，稳定提高农业综合生产能力，大幅度提高林果业，优化产业结构，将目前以农为主的结构尽快调整为农林牧结合的合理结构，使资源高耗型的农业向资源节约替代型的现代农业转变。

### ③水资源统一规划管理

在科学论证的基础上尽快进行水资源开发利用和保护的全面规划。面对日益严峻的缺水和水污染危机，水资源全面规划应成为水库上游地区发展计划和其它各种经济规划的基础。区内河流开发治理和水资源的合理利用对经济发展起着至关重要的作用。应尽快编制水库上游地区各主要河流，特别是跨省、市河流的水资源开发利用规划。对跨省、市的河流要强化流域的水资源统一管理，以流域管理为前提，建立、健全和完善流域管理与区域管理相结合的水资源统一管理体制，通过提高流域管理机构的能力来提高流域管理水平。对规划的水源工程进行前期工作已刻不容缓，特别是对规划的水源工程范围内的建设和水源保护应按水源工程规划进行布局，以免造成不必要的损失、浪费和环境问题。

### ④水资源合理配置

水库上游地区的社会经济可持续发展都是建立在自然资源、社会资本、科学技术、人文资源的基础之上。在提高该地区水资源承载能力的基础上，逐步实现水资源合理配置。水资源合理配置的核心就是在分析该地区水资源特点、开发、利用、保护及影响因素的基础上，寻求有效的水资源配置效率。水库上游地区应根据城市工业、农业、生活和环境用水等用户对水量、水质的不同要求，按照来水的特点，选择地表水或地下水。通过水库或主干渠道实现水资源的合理配置。

### ⑤加强水土流失治理与污水处理

对水库上游有水土流失现象的，在治理过程中，要把增加林草植被、改善生态环境作为一项重要措施来抓，并要坚持经济效益和生态环境建设并举的原则，有效地实施退耕还林还草，改造坡地耕地，建设基本农田。另外治理的同时也要加强管护工作，全力遏制人为造成的新的水土流失，巩固和提高治理效益。

大多数水库上游地区污水处理设施严重滞后，废水处理达标率低。上游地区只有一些县（市）没有污水处理厂，废水都呈自由排放状态，废水大部分未经处理排放入河流或自由渗透，相当一部分污水还直接用于浇灌农田或城市绿地，造成二次污染。应加快污水处理厂建设。

开展已建水库的生态系统健康评估与预测。注重水库生态系统退化的恢复及富营养化控制问题。通过水库库区生态建设及水生生物的合理结构设计，提高水库水体自净能力和自我修复能力。充分利用乡土种生物，慎重引进外来种，注意防止生物入侵。

### ⑥建立水权制度

产权市场是资本市场的重要组成部分。通常意义上的产权，是指通过法律、法规得到国家保护的，排他的所有权、占有权、支配权、使用权、经营权的总和。水权主要涉及水资源的所有权和使用权。建立水权制度的主要目的是：确定区域水资源承载能力或可利用量；分析水资源的需求结构；水权分配与转让。目前多数水库上游地区的水市场仍然是初级的，主要表现在：多龙管水，政出多门，水资源所有权无形旁落，水资源使用权无序取得，水权的非市场转让，跨省、市河流的水资源和水权不明导致不合理使用和严重的水利纠纷。应结合该地区的实际，建立、健全和完善水资源管理法规，研究制定有关的水资源管理政策，建立水权制度。通过建立水市场或准市场，实现水权交易或有偿转让，最终实现水资源的合理配置与高效利用。

## 5.3 河流

### （1）概况

河北省河流服务功能极重要地区包括滦河水系的蚂蚁吐河、陡河、伊逊河的中上游，永定河水系洋河上游、壶流河、桑干河以及大清河水系的沙河王快水库以下、子牙河水系滏阳河、滹沱河和冶河下游，漳卫南运河水系的清漳河和漳河等，其功能为提供资源、河流输送、水质净化和生命支持等。

## (2) 保护措施

### ①保护、恢复河流形态多样性

保持河流的蜿蜒性是保护河流形态多样性的重点。在河道整治工程中，尊重天然河道形态，避免直线和折线型的河道设计。灌溉渠道设计也要注意模仿河流自然形态的特点。对于河流的裁弯取直工程要充分论证，持慎重态度。保持河流断面形状的多样性，尊重河流原有的自然断面形态。河道整治工程中应尽可能避免采用几何规则断面，疏浚工程施工中避免河道断面的均一化。河道防护工程的岸坡采用有利于植物生长的透水材料，特别注意采用当地天然材料，也要注意整理、发掘和发展传统治河工法和材料。开发和推广供输水渠道使用的利于植物生长同时具有一定防渗性能的衬砌材料和施工工艺。

水利工程设计应为植物生长和动物栖息创造条件。提供鱼类产卵条件以及鸟类和水禽栖息地和避难所。建设符合生态学原理的过坝鱼道。开发新型丁坝、人工浮岛及生态型城市雨洪利用系统技术。新建大坝枢纽工程要充分论证由于水库建设改变河流生态系统为静水生态系统的利弊得失，采取必要的补偿工程措施和生物措施。

### ②防止流域污染

为保证流域污染防治工作顺利进行，必须完善流域管理机制，包括统一的管理办法。要在流域内设立环境监测站，保证水样及时监测，避免水样在运输当中造成监测结果出现偏差。搞好植树造林、退耕还草，改变现有畜牧业生产方式，建立集约化的养畜基地，防治水土流失。农业施肥要推行缓释肥料，减少营养物的流失。

## 6 结论与不足

### 6.1 结论

本文介绍了河北省水生态系统服务功能状况；并对其重要性进行评价，构建水生态系统服务功能评价指标体系，对其各项服务功能进行评价，利用 Arcview 系统，得到河北省水生态系统服务功能重要性评价图。主要结论如下：

(1) 河北省水资源严重短缺，水生态系统服务功能基础极弱，且逐年减弱；水生态过程的生态阻滞或耗竭；生态系统结构破碎、功能的板结；水生态调控机制匮乏和水生态意识低下。

(2) 河北省水生态系统服务功能极重要地区为白洋淀、衡水湖、滦河口上游（孟滦）、海兴、南大港自然保护区；岗南、黄壁庄、岳城、大浪淀、西大洋、陡河、洋河、石河、汤河、桃林口、朱庄、大黑汀和邱庄水库；滦河水系的蚂蚁吐河、陡河、伊逊河的中上游，永定河水系的洋河上游、壶流河、桑干河以及大清河水系的沙河王快水库以下、子牙河水系滏阳河、滹沱河和冶河下游，漳卫南运河水系的清漳河和漳河等。

(3) 对极重要地区应加大保护力度。对极重要水生态系统自然保护区应开展生态恢复工程，适度开发，保护其水源，防止退化；对极重要水库应使水资源合理配置，严格制度，防止上游污染；对极重要河流在开发中应注意保持其形态多样性，防止水污染。

### 6.2 不足

本文的不足之处有以下几点：

(1) 由于资料、时间和作者水平所限，未能对以下水生态系统服务功能进行评价。

表 6-1 水生态系统未评价服务功能表

生态系统 类型	提供 资源	调节功能			生命支 持功能	文化美 学功能
		洪水调蓄	河流输送	水质净化		
河流					—	—
水库					—	—
湖泊洼淀						—
地下水				—	—	

注：“—”为本论文未能评价的水生态系统服务功能

(2) 构建水生态系统评价指标体系时，指标因子的选取、指标权重的确定，还有待进一步讨论。例如：河流输送功能选取的多年平均悬移质输沙量；水质净化功能选取的最大允许纳污量，由于资料所限，指标选取单一。

## 参考文献

- [1] 赵同谦,等 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价 [J] 自然资源学报, 2003.18 (4) :443-452.
- [2] 欧阳志云,等 水生态服务功能分析及其间接价值评价 [J] 生态学报, 2004.24 (10) :2091-2098.
- [3] 林万涛 生态系统在全球变化中的调节作用 [J] 气候与环境研究, 2005.10 (2) :275-290.
- [4] 刘蕾,等 水生态服务功能变化的驱动因子分析 [J] 干旱区地理, 2005.28 (3) :347-351.
- [5] 周爱国,等 中国西北内陆盆地水分垂直循环及其生态学意义 [J] 水科学进展, 2005.16 (1) :127-132.
- [6] 叶亚平,等 扬州市水复合生态系统问题的生态学实质及调控对策 [J] 城市环境与城市生态, 2002.15 (3) :12-14.
- [7] 鲁春霞,等.水利工程对河流生态系统服务功能的影响评价方法初探[J] 应用生态学报, 2003.14 (5):803-807.
- [8] 陈尔立,等 中国森林生态系统水源涵养功能分析[J] 世界林业研究, 2005. 18 (1):49-54.
- [9] 毕宝贵,等 面雨量计算方法及其在海河流域的应用[J] 技术交流, 2002:39-42.
- [10] 蔡体久 基于 RS 和 GIS 的林型结构与森林涵养水源关系的研究[J] 水土保持学报, 2001, 15(4):16-19.
- [11] 祝光耀 大力推进生态功能保护区建设[J] 中国生态农业学报, 2004,12(4):1-4.
- [12] 蔺长龙 森林涵养水源能力的综合评价方法研究[J] 四川林业科技, 1997,18(4):11-17.
- [13] 黄瑜,谭克修 城市小水系生态系统服务功能及价值评估方法[J] 城市规划汇刊, 2004, 149(1):83-87.
- [14] 武吉华,等 自然资源评价基础[M] 北京师范大学出版社, 1998.69-115.
- [15] 曹湊贵,等 生态学概论[M] 高等教育出版社, 2002.30-36.
- [16] 王顺庆,王万雄,徐海根 数学生态学稳定性理论与方法[M] 科学出版社, 2004.1-13.
- [17] 任海,彭少麟 恢复生态学导论[M] 科学出版社, 2001.76-82.
- [18] 赵志模,郭一泉 群落生态学原理与方法 [M] 科学技术文献出版社重庆分社, 1989.123-145.
- [19] 尚玉吕 普通生态学 [M] 北京大学出版社, 2001.429-443.
- [20] 牛少凤 区域保护性开发的景观生态评价研究 [D] 山东师范大学硕士学位论文, 2004.4: 30-35.
- [21] 吕利华,王棣 用层次分析法综合评价森林植被涵养水源功能[J] 山西林业科技, 1995.4: 17-21.
- [22] 河北水利厅 河北省水资源评价 [S] 2003.12
- [23] 河北水利厅 河北省水资源保护规划 [S] 2003.12
- [24] 温志广 白洋淀湿地的生态功能及其保护 [J] 邢台学院学报, 2003, 18 (4): 30-32.
- [25] 章亦兵,高月霞 官厅水库上游水资源保护问题的思考 [J] 东北水利水电, 2005, 4: 24-26.
- [25] 章亦兵,高月霞 官厅水库上游水资源保护问题的思考 [J] 东北水利水电, 2005, 4: 24-26.

- [26] 董哲仁,保护和恢复河流形态多样性 [J] 科技纵横, 2003, 6: 53-57.
- [27] 张秋劲.若尔盖国家级生态功能保护区可持续发展研究 四川大学工程硕士专业学位论文, 2003, 4.
- [28] 葛丽颖.河北省水资源与水环境现状及其生态系统服务功能研究 [D] 河北师范大学硕士毕业论文, 2004, 4.
- [29] 熊雁晖.海河流域水资源承载能力及水生态系统服务功能的研究 [D] 清华大学工学硕士学位论文, 2004, 3.
- [30] 河北省生态功能区划报告 [J] 2005.
- [31] 2000-2004 年河北省水资源公报.
- [32] 河北省地下水资源开发利用规划报告, 河北省水利厅, 1998, 8.
- [33] 河北省水利厅.水资源评价, 2003.12.
- [34] 李彦敏.河北省土地资源可持续利用评价研究 [M] 河北农业大学硕士毕业论文, 2001, 6.
- [35] 水利电力部水文局.中国水资源评价 [M] 北京: 水利电力出版社, 1987.
- [36] 阎同生等.河北省土地资源利用动态与可持续利用对策 [J], 中国农业资源与区划, 2003, 24 (5): 33-36.
- [37] 河北省水资源及开发利用分析报告.河北省水文水资源勘测局, 1999. [34] 徐建华.现代地理学中的数学方法 [M] 高等教育出版社, 1994, 11.
- [38] 武春良.洋河流域水环境保护 [J] 河北水利水电, 1997, 1: 36-37.
- [39] 王策, 刘唐生.对黄壁庄水库水资源保护情况的调查 [J] 调研之页, 2002, 16.
- [40] 河北省国土资源厅.河北省土地调查年鉴 [S] 2000-2002.

## 致 谢

时光似箭，三年的硕士生活转眼即将逝去。又是一个毕业的时节，论文完成之际，心中的感激之情却久久难以划上句号，我衷心的感谢曾经给予我指导与帮助的人们！

首先，向我的导师——钱金平教授表示衷心的感谢！从论文的选题、提纲的制定到最后的审稿、定稿，无不凝聚着他的心血和汗水。三年研究生学习期间跟随导师学习，提高了专业水平，增强了独立思考和研究的工作能力，使我在求知和创新中获益良多。他给予我的不仅是学术上的悉心教诲，他渊博的知识、严谨的治学态度、忘我的工作精神、深厚的生活阅历、平易近人的生活作风，鞭策我在科学的道路上努力前进。正是在他的鼓励和教导下，使我在三年的学习时间内受益匪浅。在此论文完成之际，谨向恩师致以最诚挚的谢意！

感谢资源与环境科学学院各位领导和老师在学习和生活中给予无私指导和热心帮助。

感谢王滢、赵志勇、孟丽静、李榕森、王仁德、逯飞、崔文燕、刘红艳等师姐、师妹们在论文完成过程中给予大力支持和帮助，同时，感谢研究所的温志广老师和其他研究生在学习和生活中给予关心和帮助。正是得益于这个友好的人家庭，使我度过了快乐而充实的三年求学生活。

感谢舍友张淑丽、赵风云、张静、陈娟在学习和生活上的关心和帮助。

感谢研究生期间朝夕相处的同学，和他们走过的数年风雨将是我终生的财富。

衷心感谢我的家人，在我求学道路上给予的无私奉献、支持、鼓励和关心，他们一如既往的理解、支持和关爱是我前进的最大动力，我的学业顺利完成与他们的关爱是分不开的，他们质朴的语言、真实的行动永远激励我奋发向上。

谨以此文献给所有支持、关心和帮助过我的老师、同学和亲人，并向他们致以最诚挚的谢意和最美好的祝福！

刘 征

2006年6月