

“十二五”国家重点图书出版规划项目



海河流域水循环演变机理与水资源高效利用丛书

变化环境下海河流域地下水 响应及调控模式研究

汪林 董增川 唐克旺 陆垂裕 等著



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

国家出版基金项目

NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION



海河流域水循环演变机理与水资源高效利用丛书

变化环境下海河流域地下水 响应及调控模式研究

汪林 董增川 唐克旺 陆垂裕 等著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统介绍了海河流域水资源开发利用现状、南水北调工程通水后海河流域供水格局的变化；研究了海河流域地下水对变化环境的响应规律和平原区地下水补排过程与动态变化规律；提出了海河流域地下水功能区划、供水格局变化后的地下水开采调控模式及变化环境下地下水的适应性管理战略。

本书可供水文、水资源及水环境等相关领域的科研人员，水文水资源、环境保护与生态建设等领域的管理工作者和相关专业的大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

变化环境下海河流域地下水响应及调控模式研究 / 汪林等著. —北京: 科学出版社, 2013

(海河流域水循环演变机理与水资源高效利用丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-038033-3

I. ①变… II. ①汪… III. 海河-流域-地下水资源-研究 IV. TV211.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 136052 号

责任编辑: 李 敏 张 震 张 菊 / 责任校对: 张小霞

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2013 年 8 月第一次印刷 印张: 13 1/2 插页: 2

字数: 500 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



总 序

流域水循环是水资源形成、演化的客观基础，也是水环境与生态系统演化的主导驱动因子。水资源问题不论其表现形式如何，都可以归结为流域水循环分项过程或其伴生过程演变导致的失衡问题；为解决水资源问题开展的各类水事活动，本质上均是针对流域“自然-社会”二元水循环分项或其伴生过程实施的基于目标导向的人工调控行为。现代环境下，受人类活动和气候变化的综合作用与影响，流域水循环朝着更加剧烈和复杂的方向演变，致使许多国家和地区面临着更加突出的水短缺、水污染和生态退化问题。揭示变化环境下的流域水循环演变机理并发现演变规律，寻找以水资源高效利用为核心的水循环多维均衡调控路径，是解决复杂水资源问题的科学基础，也是当前水文、水资源领域重大的前沿基础科学命题。

受人口规模、经济社会发展压力和水资源本底条件的影响，中国是世界上水循环演变最剧烈、水资源问题最突出的国家之一，其中又以海河流域最为严重和典型。海河流域人均径流性水资源居全国十大一级流域之末，流域内人口稠密、生产发达，经济社会需水模数居全国前列，流域水资源衰减问题十分突出，不同行业用水竞争激烈，环境容量与排污量矛盾尖锐，水资源短缺、水环境污染和水生态退化问题极其严重。为建立人类活动干扰下的流域水循环演化基础认知模式，揭示流域水循环及其伴生过程演变机理与规律，从而为流域治水和生态环境保护实践提供基础科技支撑，2006年科学技术部批准设立了国家重点基础研究发展计划（973计划）项目“海河流域水循环演变机理与水资源高效利用”（编号：2006CB403400）。项目下设8个课题，力图建立起人类活动密集缺水流域二元水循环演化的基础理论，认知流域水循环及其伴生的水化学、水生态过程演化的机理，构建流域水循环及其伴生过程的综合模型系统，揭示流域水资源、水生态与水环境演变的客观规律，继而在科学评价流域资源利用效率的基础上，提出城市和农业水资源高效利用与流域水循环整体调控的标准与模式，为强人类活动严重缺水流域的水循环演变认知与调控奠定科学基础，增强中国缺水地区水安全保障的基础科学支持能力。

通过5年的联合攻关，项目取得了6方面的主要成果：一是揭示了强人类活动影响下的流域水循环与水资源演变机理；二是辨析了与水循环伴生的流域水化学与生态过程演化

的原理和驱动机制；三是创新形成了流域“自然-社会”二元水循环及其伴生过程的综合模拟与预测技术；四是发现了变化环境下的海河流域水资源与生态环境演化规律；五是明晰了海河流域多尺度城市与农业高效用水的机理与路径；六是构建了海河流域水循环多维临界整体调控理论、阈值与模式。项目在 2010 年顺利通过科学技术部的验收，且在同批验收的资源环境领域 973 计划项目中位居前列。目前该项目的部分成果已获得了多项省部级科技进步一等奖。总体来看，在项目实施过程中和项目完成后的近一年时间内，许多成果已经在国家和地方重大治水实践中得到了很好的应用，为流域水资源管理与生态环境治理提供了基础支撑，所蕴藏的生态环境和经济社会效益开始逐步显露；同时项目的实施在促进中国水循环模拟与调控基础研究的发展以及提升中国水科学研究的国际地位等方面也发挥了重要的作用和积极的影响。

本项目部分研究成果已通过科技论文的形式进行了一定程度的传播，为将项目研究成果进行全面、系统和集中展示，项目专家组决定以各个课题为单元，将取得的主要成果集结成为丛书，陆续出版，以更好地实现研究成果和科学知识的社会共享，同时也期望能够得到来自各方的指正和交流。

最后特别要说的是，本项目从设立到实施，得到了科学技术部、水利部等有关部门以及众多不同领域专家的悉心关怀和大力支持，项目所取得的每一点进展、每一项成果与之都是密不可分的，借此机会向给予我们诸多帮助的部门和专家表达最诚挚的感谢。

是为序。

海河 973 计划项目首席科学家
流域水循环模拟与调控国家重点实验室主任
中国工程院院士



2011 年 10 月 10 日

前 言

海河流域是我国经济社会发展的重点地区，人口占全国的 10% 以上，是全国重要的粮食主产区，环渤海经济带、首都经济圈等重要经济增长区都位于该流域。海河流域水资源短缺问题，已成为当地经济社会发展的重要瓶颈。根据全国水资源综合规划成果，海河流域水资源总量仅占全国总量的 1.3%，人均水资源占有量为 269m^3 ，仅为全国人均水资源占有量的 12.9%，单位面积水资源量仅相当于全国平均值的 38.7%。水资源的严重短缺不仅影响到当地的长远发展，也是诱发地下水超采、河道断流、水污染、湿地退化等一系列生态与环境问题的重要根源。正是在这种背景下，国家提出并实施了南水北调工程，力图在大力节水的基础上，通过外调水，缓解当地水资源的紧张态势，遏制生态与环境的退化趋势，促进经济社会的健康发展。

地下水是海河流域水资源的重要组成部分，是当地的重要供水水源，也是维系良好生态环境的要素。海河流域地下水资源量 235 亿 m^3 ，占流域水资源总量的 63.5%。2010 年，海河流域总用水量中，有 64.1% 来自地下水，可见，地下水对于海河流域的重要性是十分明显的。但是自 20 世纪 70 年代以来，海河平原区地下水持续超采，污染严重，生态与环境恶化趋势加剧，严重影响了经济社会的可持续发展。地下水的问题已经成为海河流域生态环境的首要问题，是关系到流域经济社会健康发展的重要制约因素。

为了研究海河流域水资源及地下水的循环演化规律，国家曾在“六五”及“七五”期间，在科技攻关项目中，立项研究海河流域水资源问题，取得了一系列创新性成果，包括“四水转化”等水资源循环模型。近年来，随着全球气候的变化以及流域内经济社会的发展，流域水循环已经发生了显著的变化，地下水的补给、径流、排泄规律也在发生显著的变化。未来 20 年，随着国家南水北调工程的实施以及地下水超采治理工作的陆续展开，海河流域地下水所处的外部环境将继续发生改变。科学合理地利用地下水、有效保护地下水，需要科学认知地下水系统对外部环境的变化响应规律。为此，国家设立了 973 计划项目“海河流域水循环演变机理与水资源高效利用”（编号：2006CB403400），水利部设立了水利部公益性行业科研专项“供水格局变化下海河流域地下水响应研究”（编号：201001018）。本书在上述两方面研究成果基础上编撰而成。书中引用的水资源及开发利用、地下水功能区划、地下水超采等数据来自全国水资源综合规划、海河流域水资源综合

规划、海河地下水利用与保护规划、南水北调（东、中线）受水区地下水压采总体方案等研究成果。

本书在以下 4 个方面取得突破：①从自然因素、流域复杂下垫面、人类活动影响 3 个方面系统地动态评价海河流域地下水循环转化，研究地质、土壤、植被、土地利用、气候、人类活动等多圈层边界水环境综合模拟预测技术，突破了传统的静态研究方法，在水循环模拟分析技术方法方面有所创新。②针对求解复杂水资源大系统优化与控制中出现的计算、搜索时间过长以及易于早熟收敛的问题，提出基于协同进化思想的多目标粒子群优化算法，生成非劣解集（调控方案集），采用投影寻踪算法和混合蛙跳算法优化投影方向，在优化技术方面有所创新。③采用先进理念，通过水循环模拟模型、地下水数值模拟模型和地下水开发利用多目标模型技术方法的综合集成，研究探索高强度人类活动对海河平原区地下水补排条件变化的影响，分析了南水北调工程通水后压采与地下水位关系，提出了供水格局变化后海河流域地下水响应定量成果和开采调控模式，在技术成果应用方面有所创新。④基于功能区理论及耗水控制，研究提出了变化环境下地下水适应性管理的战略对策。

全书共 7 章，分别是海河流域概况及水资源开发利用现状、南水北调工程通水后海河流域供水格局变化、海河流域地下水与环境的响应模拟、平原区地下水补排变化与动态模拟研究、海河流域地下水功能区划、供水格局变化后的地下水开采调控模式研究、变化环境下地下水适应性管理战略。第 1 章由汪林、唐克旺、柳华武撰写，第 2 章由汪林、贾玲撰写，第 3 章由陆垂裕、徐凯撰写，第 4 章由于磊、薛丽娟、李巍撰写，第 5 章由陈民、唐克旺、唐蕴撰写，第 6 章由董增川、张晓晔、王聪聪撰写，第 7 章由唐克旺、汪林撰写。全书由汪林、唐克旺统稿。

在项目研究和本书写作过程中，得到了科学技术部、水利部、海河水利委员会等有关单位的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

受时间和作者水平所限，书中必定存在不足之处，恳请读者批评指正。

作 者

2013 年 3 月

目 录

总序	
前言	
第 1 章 海河流域概况及水资源开发利用现状	1
1.1 海河流域概况	1
1.1.1 自然地理条件	1
1.1.2 经济社会	3
1.1.3 水资源分区	5
1.2 水资源及其特点	6
1.2.1 降水量	6
1.2.2 地表水资源量	8
1.2.3 地下水资源量	9
1.2.4 水资源总量	10
1.3 水资源开发利用概况	11
1.3.1 水资源配置工程现状	11
1.3.2 供水量	13
1.3.3 用水量及耗水量	16
1.4 平原区地下水动态	18
1.4.1 地下水开采、超采现状	19
1.4.2 浅层地下水动态	20
1.4.3 深层地下水动态	22
1.4.4 超采区地下水埋深	23
1.5 地下水水质及其变化	25
1.5.1 浅层地下水水质	26
1.5.2 深层承压水水质	27
1.5.3 地下水集中式供水水源地水质	27
1.5.4 地下水污染状况	27
1.5.5 地下水水质变化趋势	28
第 2 章 南水北调工程通水后海河流域供水格局变化	30
2.1 南水北调工程对受水区水循环的影响作用	30
2.2 影响供水格局变化的主要因素及可供水量上限	31
2.2.1 “三生”需水量变化	31

2.2.2	引江水量	32
2.2.3	地下水压采量	32
2.2.4	再生水及非常规水源利用量	33
2.2.5	可供水量上限	34
2.3	水资源合理配置方案	34
2.4	供水格局变化特征	37
2.4.1	1956~2000 年水文系列 (长系列)	37
2.4.2	1980~2005 年水文系列 (短系列)	42
2.5	小结	47
第3章	海河流域地下水与环境的响应模拟	49
3.1	水文地质条件及其概化	49
3.1.1	含水层结构	51
3.1.2	地下水补排条件变化	52
3.1.3	地下水流场演化	52
3.2	水资源转化动态模拟模型 (MODCYCLE)	54
3.2.1	MODCYCLE 模型的总体设计	55
3.2.2	主要空间数据及其处理	60
3.2.3	平原区水文地质数据	66
3.2.4	其他空间数据	70
3.2.5	模型率定与验证	70
3.3	近十年海河平原区地下水系统演变规律	72
3.3.1	主要水循环驱动因素	72
3.3.2	海河流域水循环通量分析	81
3.3.3	平原区地下水补排特征	85
3.3.4	平原区地表水、地下水转化关系	89
3.4	供水格局变化后海河平原区地下水补排条件变化	96
3.4.1	模拟情景设置	96
3.4.2	供水格局变化下海河平原水平衡分析	100
3.4.3	供水格局变化下海河平原地下水循环响应	100
3.5	海河平原区地表水向地下水转化的空间分布和强度	101
3.6	小结	103
第4章	平原区地下水补排变化与动态模拟研究	105
4.1	水文地质概念模型	105
4.1.1	模型范围和边界条件	105
4.1.2	含水层结构特征	106
4.2	平原区地下水数值模型	107
4.2.1	数学模型	107

4.2.2	模型结构	108
4.2.3	模型的识别与验证	110
4.3	地下水补给、开采与水位响应关系	113
4.3.1	开采量、地下水位与补给量互动关系	114
4.3.2	补给量和开采量相关特征	115
4.4	供水格局变化后海河平原区地下水响应分析	116
4.4.1	1956 ~ 2000 年系列	117
4.4.2	1980 ~ 2005 年系列	119
4.5	小结	120
第 5 章	海河流域地下水功能区划	122
5.1	地下水功能区划研究现状	122
5.1.1	国外相关研究情况	122
5.1.2	国内地下水功能区划	125
5.2	海河地下水功能区划体系	131
5.2.1	一级功能区	131
5.2.2	二级功能区	131
5.2.3	基本要求和原则	132
5.3	区划标准	133
5.3.1	开发区	133
5.3.2	保护区	133
5.3.3	保留区	134
5.4	区划成果	135
5.4.1	一级功能区	135
5.4.2	二级功能区	135
5.5	功能区保护目标	137
5.5.1	基本原则	137
5.5.2	目标体系	138
5.5.3	分区保护目标	138
5.6	功能区现状达标情况	139
5.7	变化条件下的地下水功能调整	140
第 6 章	供水格局变化后的地下水开采调控模式研究	141
6.1	南水北调工程通水后地下水需求变化	141
6.1.1	经济社会发展预测	141
6.1.2	国民经济需水预测	142
6.1.3	地下水需求变化分析	142
6.2	海河平原区地下水开发利用多目标模型	151
6.2.1	多目标优化模型的建立	151

6.2.2	基于协同进化的粒子群优化算法	152
6.2.3	优化配置结果及分析	153
6.3	地下水开采调控方案优选评价	162
6.3.1	指标体系的构建	162
6.3.2	评价方法	163
6.3.3	评价结果	164
6.4	供水格局变化后地下水开采调控模式	167
6.4.1	调控原则	167
6.4.2	分区调控模式	167
6.4.3	分阶段调控模式	168
6.5	南水北调工程达效后地下水调控模拟修复效果	178
6.5.1	1956 ~ 2000 年系列	178
6.5.2	1980 ~ 2005 年系列	182
6.6	小结	187
第 7 章	变化环境下地下水适应性管理战略	188
7.1	依法管理和保护战略	188
7.1.1	颁布《南水北调供用水管理条例》	188
7.1.2	出台《海河流域地下水管理办法》	188
7.1.3	出台《南水北调受水区地下水压采管理办法》	188
7.2	最严格的地下水管理和保护战略	189
7.2.1	严格实行地下水开采总量控制	189
7.2.2	编制年度计划, 落实地下水压采目标	190
7.2.3	严格开采管理, 实行源头控制	192
7.2.4	实行基于地下水脆弱性的分区保护	192
7.3	严格监控及公众参与战略	194
7.3.1	完善地下水监测网络	195
7.3.2	完善计量体系	195
7.3.3	建立海河平原地下水管理信息系统	196
7.3.4	严格地下水压采工作监督考核制度	196
7.3.5	强化地面监控, 积极鼓励社会公众的参与	196
7.4	产业调整与耗水控制战略	197
7.4.1	ET 控制	197
7.4.2	调整经济布局, 优化产业结构	199
7.4.3	建立有利于节水的价格机制	199
7.4.4	建立财政激励和补偿机制	200
参考文献		201

| 第 1 章 | 海河流域概况及水资源开发利用现状

1.1 海河流域概况

1.1.1 自然地理条件

海河流域位于东经 $112^{\circ} \sim 120^{\circ}$ ，北纬 $35^{\circ} \sim 43^{\circ}$ ，东临渤海，西倚太行，南界黄河，北接内蒙古高原（图 1-1），包括北京市和天津市全部、河北省绝大部分、山西省东部、河南省和山东省北部、内蒙古自治区和辽宁省一小部分，是我国政治、经济和文化的中心区域（图 1-2）。流域总面积 32 万 km^2 ，占全国陆地总面积的 3.3%。其中，山地丘陵区面积 18.9 万 km^2 ，占 59%；平原区面积 13.1 万 km^2 ，占 41%；总的地势是西北高东南低，呈现高原、山地及平原三种地貌类型。西部为山西高原和太行山区，北部为内蒙古高原和燕山山区，东部和东南部为广阔平原；山地和平原近乎直接相交，丘陵过渡段甚短（图 1-3）。

1.1.1.1 河流水系

海河流域包括海河、滦河和徒骇马颊河三大水系、七大河系、十条骨干河流。

海河水系是主要水系，由北部的蓟运河、潮白河、北运河、永定河和南部的大清河、子牙河、漳卫南运河、黑龙港水系和海河干流组成，分别发源于内蒙古高原、黄土高原、燕山、太行山，流域面积 23.25 万 km^2 。历史上各河曾汇集到天津入海，后来开辟和扩建了漳卫新河、潮白新河、独流减河、子牙新河、永定新河等人工河道，使各河系单独入海，改变了集中入海的局面。

滦河水系包括滦河及冀东沿海诸河，流域面积 5.45 万 km^2 。滦河发源于坝上高原，于河北省乐亭县入渤海，是流域内水量相对丰沛的河流；冀东沿海诸河发源于燕山南麓，由洋河、陡河等 32 条单独入海的河流组成，面积约 1 万 km^2 。

徒骇马颊河水系，为单独入海的平原河道，位于漳卫南运河以南、黄河以北，处于海河流域的最南部，由徒骇河、马颊河、德惠新河及滨海小河等组成，流域面积 3.30 万 km^2 。

海河流域的各河系分为两种类型：一种是发源于太行山、燕山背风坡，源远流长，山区汇水面积大，水流集中，泥沙相对较多的河流；另一种是发源于太行山、燕山迎风坡，支流分散，源短流急，洪峰高、历时短、突发性强的河流。历史上洪水多经过洼淀滞蓄后下泄。两种类型河流呈相间分布，清浊分明。

1.1.1.2 土壤与植被

海河流域土壤划分为内蒙古高原栗钙土绵土区、华北山地棕壤褐土区和海河平原黄垆

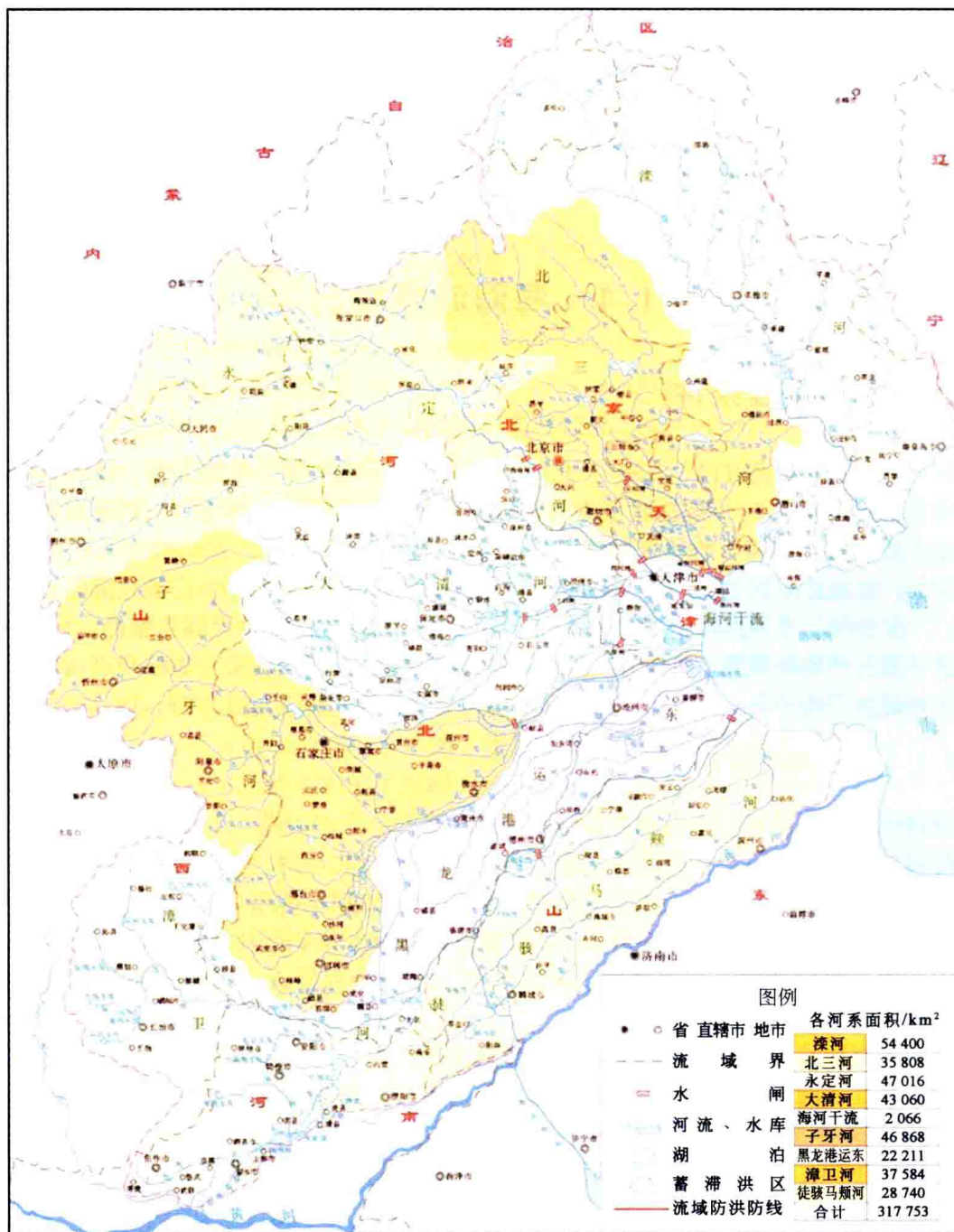


图 1-1 海河流域及其水系分布

资料来源: <http://www.hwcc.gov.cn/pub2011/hwcc/wwgj/liuyuzdgc/sxt-d.jpg>

土潮土盐土区三个区。根据全国土壤采用的以土类、土种为基本单元的七级分类系统,流域内土壤包括 8 个土纲、12 个亚纲、22 个土类,以潮土、褐土类面积为最大,其中潮土面积为 10.28 万 km²,占流域面积的 32.34%;褐土面积为 9.99 万 km²,占流域面积的 31.44%;其次为棕壤、栗褐土、粗骨土、黄绵土、栗钙土等类。



图 1-2 海河流域行政区划图

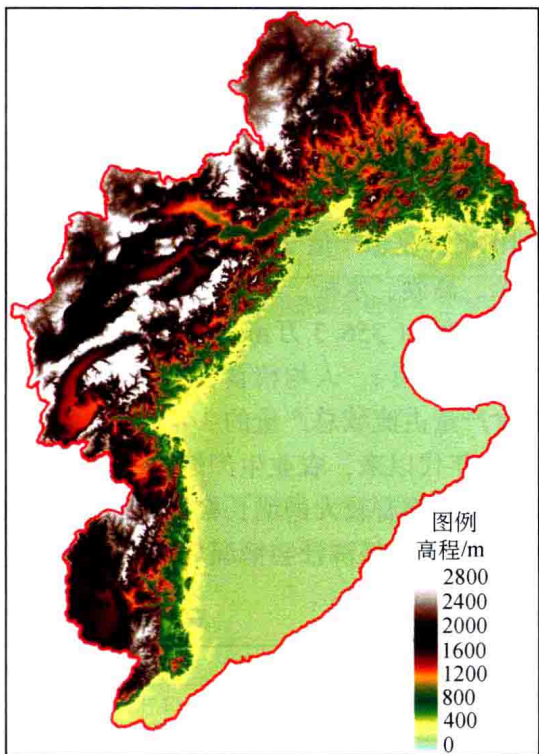


图 1-3 海河流域地形图

海河流域植被区系划分为内蒙古高原温带草原区、华北山地暖温带落叶阔叶林区、平原暖温带落叶阔叶林栽培作物区三个区。海河流域天然植被大都遭到人为砍伐破坏，植被覆盖度不高。天然次生林主要分布在海拔 1000m 以上的山地。燕山、太行山迎风坡由于存在年降水量 600mm 以上的弧形多雨带，植被生长良好，形成了一道绿色屏障；背风坡降水量只有 400mm 左右，植被稀疏，生态脆弱。

1.1.2 经济社会

海河流域是全国政治、文化中心和发达地区，绝大部分属于环渤海经济区，具有地理区位十分优越、自然资源非常丰富、工业基础和科技实力雄厚、骨干城市群实力较强等五大优势，是我国重要的工业基地和高新技术产业基地，在国家经济发展中占有重要地位。2010 年全流域总人口 14 579.9 万人，约占全国总人口的 10%，人口密度 455.6 人/km²；流域内有直辖市北京、天津，以及石家庄、唐山、秦皇岛等 26 座大中城市，城镇人口 7823 万人，城镇化率 53.7%。

海河流域陆、海、空交通便利，是沟通东北、西北、华北经济和进入国际市场的重要枢纽。区域内拥有丰富的煤炭、矿产、油气、海洋等自然资源，是我国矿产资源种类较为齐全的地区。

海河流域是我国重要的工业基地和高新技术产业基地。2010 年地区生产总值达 5.58 万亿元，人均 GDP 3.83 万元，工业增加值 2.36 万亿元，第一、二、三产业比重分别为 10%、

49%、41%。工业门类众多，技术水平较高，主要行业有冶金、电力、化工、机械、电子、煤炭等，形成了以京津唐和京广、京沪铁路沿线城市为中心的工业生产布局。20 世纪 90 年代以来，以电子信息、生物技术、新能源、新材料为代表的高新技术产业发展迅速，在流域经济中比重逐年增加，形成了北京中关村、天津开发区等高新技术产业基地。

海河流域土地、光热资源丰富，适于农作物生长，是我国三大粮食生产基地之一。2010 年农业总产值 2655 亿元，耕地面积 16 111.7 万亩^①。主要粮食作物有小麦、大麦、玉米、高粱、水稻、豆类等，经济作物以棉花、油料、麻类、烟叶为主。2010 年农田有效灌溉面积 11 356.3 万亩，占耕地面积的 70.5%，实际灌溉面积 10 343.1 万亩，粮食总产量 5437.8 万 t，人均粮食占有量 373kg。河北山前平原、鲁北、豫北地区是主要产粮区，粮食产量占流域总产量的 3/4。沿海地区具有发展渔业生产和滩涂养殖的有利条件。20 世纪 90 年代以来，农业生产结构发生变化，油料、果品、水产品、肉、禽蛋、鲜奶等林牧渔业产品都有较大的增长幅度，大中城市周边农业转向为城市服务的高附加值农业。海河流域 2010 年经济社会情况见表 1-1。

表 1-1 海河流域 2010 年经济社会发展指标

行政区	人口/万人		GDP /亿元	人均 GDP /元	工业增加值 /亿元	粮食产量 /万 t	耕地面积 /万亩	农田有效灌 溉面积/万亩
	总人口	城镇人口						
北京	1 961.2	1 685.9	14 113.6	71 965	2 764.0	115.7	348.0	317.1
天津	1 299.3	1 033.6	9 224.5	70 996	4 410.9	159.7	665.2	516.9
河北	7 110.4	3 123.1	20 736.6	29 164	9 774.3	2 943.5	8 941.0	6 688.4
山西	1 234.7	581.8	3 198.5	25 906	1 663.8	355.0	2 228.5	684.1
河南	1 268.2	626.5	3 753.6	29 598	2 213.0	634.3	1 162.3	906.4
山东	1 587.2	724.1	4 526.0	28 516	2 659.8	1 202.3	2 455.4	2 117.1
内蒙古	96.1	45.9	217.0	22 574	130.6	20.1	285.3	110.7
辽宁	22.9	2.3	22.9	10 009	3.6	7.2	26.0	15.6
流域合计	14 580	7 823.2	55 792.4	38 265	23 620.0	5 437.8	16 111.7	11 356.3

经济结构也发生着深刻的变化。第一产业（农业）所占比重不断下降，第三产业比重不断上升。经济增长方式从扩大生产规模、增加原材料消耗为主的外延型，逐步转变到依靠科技进步、提高管理水平和资源使用效率为主的内涵型，传统产业逐步向高新技术产业过渡，农业生产率不断提高，实现了在经济社会发展的同时，流域水资源消耗量没有明显增加。20 世纪 80 年代至 21 世纪 10 年代流域经济发展指标见表 1-2。

表 1-2 海河流域 1980 ~ 2010 年 GDP、工业总产值及工业增加值统计

年份	GDP /亿元	人均 GDP /元	工业产值 /亿元	工业增加值 /亿元	年均增长率			
					统计时段	GDP/%	工业产值/%	工业增加值/%
1980	1 592	1 638	1 205	481	—	—	—	—
1985	2 650	2 545	2 023	789	1980 ~ 1985 年	10.7	10.9	10.4

^① 1 亩≈0.0667hm²。

续表

年份	GDP /亿元	人均 GDP /元	工业产值 /亿元	工业增加值 /亿元	年均增长率			
					统计时段	GDP/%	工业产值/%	工业增加值/%
1990	3 821	3 323	3 379	1 194	1985 ~ 1990 年	7.6	10.8	8.6
1995	7 052	5 870	8 277	2 585	1990 ~ 1995 年	13.0	19.6	16.7
2000	11 633	9 202	16 683	4 771	1995 ~ 2000 年	10.5	15.0	13.0
2010	36 991	25 371	—	15 066	2000 ~ 2010 年	12.3	—	12.2

注：表中数据为 2000 年可比价。其中 2000 年之前数据来源于水资源综合规划，2010 年数据以统计年鉴为依据计算得出。

1.1.3 水资源分区

根据《海河流域水资源综合规划》成果，海河流域划分为滦河及冀东沿海诸河、海河北系、海河南系和徒骇马颊河 4 个二级区和 15 个三级区。再与行政区划相结合，形成 35 个省套三级区和 80 个地市套三级区，如图 1-4 所示。

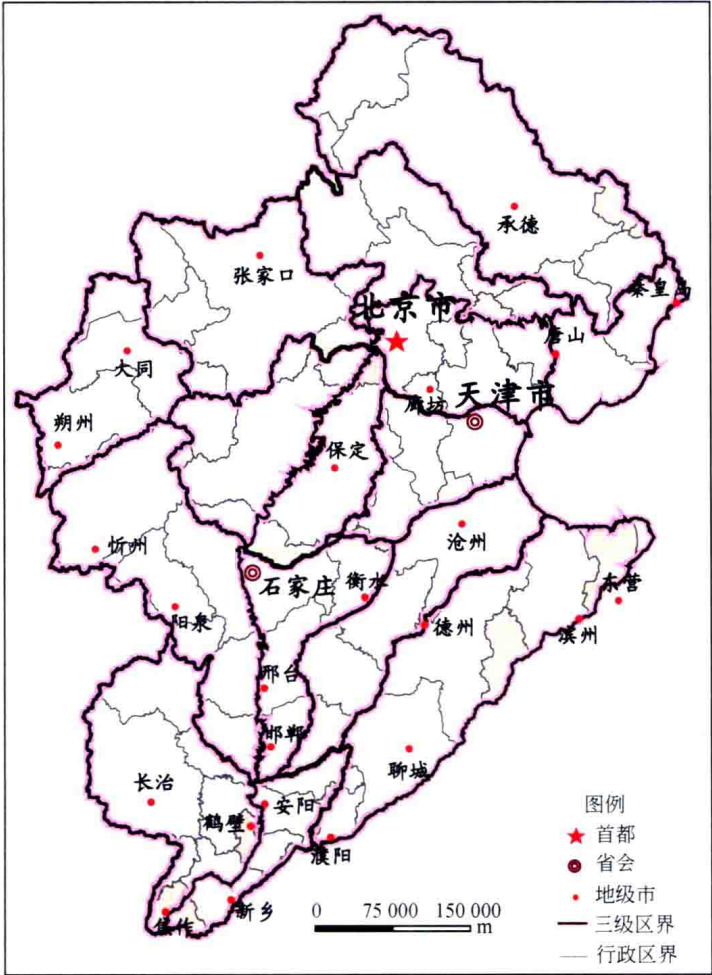


图 1-4 海河流域三级区套地市分布

本次评价海河流域计算面积 320 041km²，其中平原区 149 581km²（含华北平原区 131 036km²，山间盆地区 18 545km²）占 47%，山丘区 170 460km²（含一般山丘区 135 206 km²，岩溶山丘区 35 254km²）占 53%。平原区是本次重点研究区。流域二级区和省级行政区计算面积见表 1-3。

表 1-3 海河流域水资源二级区和省级行政区计算面积 （单位：km²）

分区		平原区面积			山丘区面积			流域合计
		华北平原区	山间盆地区	小计	一般山丘区	岩溶山丘区	小计	
二级区	滦河及冀东沿海诸河	7 410	0	7 410	43 274	3 846	47 120	54 530
	海河北系	16 617	14 625	31 242	43 966	8 218	52 184	83 426
	海河南系	73 997	3 920	77 917	47 966	23 190	71 156	149 073
	徒骇马颊河	33 012	0	33 012	0	0	0	33 012
	流域合计	131 036	18 545	149 581	135 206	35 254	170 460	320 041
行政区	北京	6 400	496	6 896	7 142	2 762	9 904	16 800
	天津	11 193	0	11 193	727	0	727	11 920
	河北	73 207	7 010	80 217	75 169	16 238	91 407	171 624
	山西	0	11 039	11 039	35 779	12 315	48 094	59 133
	河南	9 294	0	9 294	2 461	3 581	6 042	15 336
	山东	30 942	0	30 942	0	0	0	30 942
	内蒙古	0	0	0	12 576	0	12 576	12 576
	辽宁	0	0	0	1 710	0	1 710	1 710

1.2 水资源及其特点

海河流域属于温带半湿润半干旱大陆性季风气候区，冬季盛行北风和西北风，夏季多东南风，春季干旱多风沙。降雨时空分布呈明显的地带性、季节性和年际差异。夏季暴雨集中，冬春雨雪稀少，具有春旱、夏洪、秋涝、晚秋又旱的特点。降雨年际变化大，存在连续丰枯的变化规律。流域年平均气温 1.5 ~ 14℃，年平均相对湿度 50% ~ 70%，年水面蒸发量 850 ~ 1300mm。年内四季分明，日照充足，适宜多种植物生长。

1.2.1 降水量

受气候、地形等因素的影响，海河流域年降水量分布存在明显的地带性差异，总的趋势是由多雨的太行山、燕山迎风区分别向西北和东南两侧减少。根据《海河流域水资源综合规划》成果，海河流域多年平均降水量 535.5mm，其中山区 523mm，平原 552mm，年降水量的变差系数（Cv）值 0.16 ~ 0.48，最大降水量为 1964 年的 800mm，最小为 1965 年的 357mm，是我国降水量年际变化幅度较大的地区。