

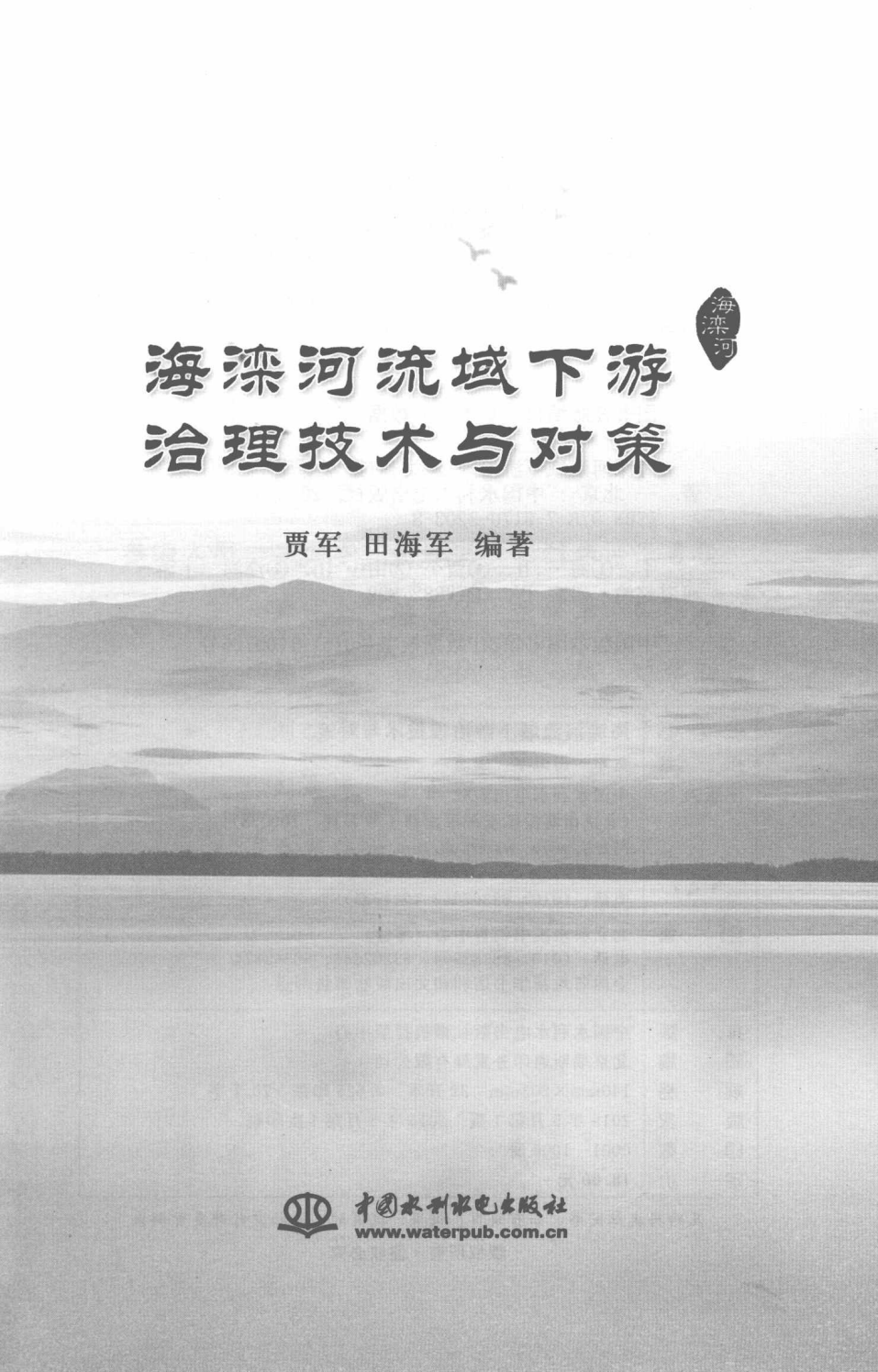


海滦河流域下游 治理技术与对策

贾军 田海军 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



海滦河流域下游 治理技术与对策

海
滦
河

贾军 田海军 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书在分析了海滦河流域下游水资源和生态环境的基础上,论述了流域内的水环境内涵。探讨了流域内人类活动对水资源的交互影响,城市经济、农业发展、社会活动等高度依赖流域水系提供的防洪、供水、排水等功能,以及解决水资源与生态环境问题的途径。力图修复或缓解流域内日趋严重的水环境趋势。

本书可供从事水资源研究领域的科研、教学和管理工作者阅读,亦可供大专院校及水利水电工程设计科研工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

海滦河流域下游治理技术与对策 / 贾军, 田海军编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015.5
ISBN 978-7-5170-3203-8

I. ①海… II. ①贾… ②田… III. ①滦河—下游—河道整治—研究 IV. ①TV882.822

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第109106号

书 名	海滦河流域下游治理技术与对策
作 者	贾军 田海军 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	140mm×203mm 32开本 2.625印张 70千字
版 次	2015年5月第1版 2015年5月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	18.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

《海滦河流域下游治理技术与对策》

编写委员会

主 编 贾 军 田海军

副 主 编 褚慧煊 刘雪丽 魏艳秀

参编人员 罗少军 岳胜卫 刘利伟 张勇顺
郑连合 骆香铃 张颂军 张明亮
韩 龙 杨佳楠 赵 旭 边伟朋
刘晓宇 刘文彪 刘晓燕 于京要
刘希泽 王世一 杨 芳 张利勇
桑军伟

前 言

城市流域与人类活动的交互影响密切相关，一方面城市的经济、社会活动高度依赖流域水系提供的防洪、供水、排水等功能；另一方面，城市高度的经济社会活动对水系的水流、水质、水环境等各方面都有着十分显著的影响。

几乎每一个城市的形成和发展都与其所在地的水流域密切相关，然而，在我们生存的城市中，并没有善待和尊重，而是河道、沟渠常被作为排污通道，垃圾场被污染、被废弃。由于城市水系价值的无知，已经造成许多令人痛心的遗憾。

城市化的进程给原有的流域水生态带来不利影响。目前世界有 80 多个国家、全世界 40% 的人口严重缺水，每 6 个人中就有 1 个人不能获得安全的饮用水。发展中国家 90% 的废水未经处理直接排入河流，水体污染每年致使全世界 12 亿人生病，疾病死亡人数的 80% 源于与水有关的疾病。目前我国废水污水排放量以每年 18 亿 t 的速度增加，绝大多数小城镇未建污水处理设施，工业废水和生活污水 80% 未经处理直接排放。

而城市的发展对水提出了更高的要求，它要求城市水健康、可持续性运行，以满足人们多方面多层次的需求。

求。为适应城市的发展，特别是对生态和环境功能的需求，我国从单纯的河道治理转变为水环境的综合治理，实现这种转变，需要相应的理论支撑，更需要要在实践上进行积极的探索。

解决对水环境治理，不仅在于消除、截流污水，还要从观念上和水文化上等观念要认识和转变，同时，要注入新的理念和新的行动，以现代城市水系科学，客观的认识来改造恢复生态自然。

如何在理论上和实践上解决社会经济发展、水资源、生态环境保护之间相互关系和一系列重大问题，开发新技术，新思路，从本学科的角度，借鉴其他学科的理论和方法，探讨水资源与生态环境问题的途径，力图改变或减缓流域内日趋严重的水环境趋势。

基于此，在分析海滦河流域下游水资源和生态环境的基础上，论述了流域内的水环境内涵，城市流域与人类活动的交互影响，城市经济、社会活动高度依赖流域水系提供的防洪、供水、排水等功能；城市高度的经济社会对水系的水流、水质、水环境等各方面的影响，编写了本书。

本书对应用实例进行了分析，在编写过程中，有针对性地引用了相关专著和学术论文，在此一并致谢。

水环境研究涉及面十分广泛，受理论水平和实际经验的限制，书中难免存在错误和不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2014年10月

【 目 录 】

前言

1 海河流域下游基本情况	1
1.1 水资源状况及用水规划	2
1.2 河北省 4 大城市缺水状况	12
2 供需预测及应对措施	19
2.1 供水和需水预测	19
2.2 供水需水从严从俭	20
3 南水北调中线工程对海河流域水资源的影响	22
4 海河流域生态修复需水量分析	24
4.1 海河流域生态现状	24
4.2 水生态修复的基本内涵	24
4.3 海滦河流域生态需水概念	25
4.4 水生态系统的演变和现状	25
4.5 水生态恶化原因	27
4.6 水生态修复的指导思想	28
4.7 水生态修复的原则	28
4.8 水生态修复目标	29
4.9 生态修复需水量计算方法	31
4.10 海滦河流域生态修复需水量计算结果	33
5 城市生态与中水回用	34
5.1 城市生态	34
5.2 中水回用	36
6 水体生态修复技术	39
6.1 水体生态修复	39

6.2	人工湿地净化技术	39
6.3	土壤过滤处理技术	48
6.4	污染水生物处理技术	49
6.5	城市雨水收集节水技术	51
6.6	水体生态修复步骤	57
6.7	水体生态修复	58
6.8	其他技术措施	58
7	推广与应用	70
7.1	技术推广应用	70
7.2	产生的效益	70
8	创新点	71
9	水资源保护的措施与对策	72
9.1	提高人们保护水源的用水意识	72
9.2	加强水资源政策法规建设	72
9.3	污染源要严格管控	73
9.4	加强流域内水土流失综合治理	73
	参考文献	74

1 海河流域下游基本情况

海河是我国七大江河之一。它基纳蓟运河、潮白河、北运河、永定河、大清河、子牙河、漳卫南运河，自北向西而南，犹如一把撑开的巨扇，汇于天津市奔流大海。它与邻近的滦河以及徒骇、马颊河等水系共同组成了海滦河流域。

历史的海河，洪涝、干旱灾害频频发生，据统计，17世纪以来，大洪水平均20年发生一次，海河下游曾多次被淹。旱灾发生频率高、范围广、面积大。严重的水旱灾害给河北省及下游人民的生命财产安全造成了巨大的危害。新中国成立后，尽管海河治理取得了重大进展，但1963年8月发生的一场历史罕见的大洪水，仍然造成了巨大损失，为从根本上扭转海河危害局面，1963年11月毛泽东主席发出了“一定要根治海河”伟大号召。从此，拉开了一场根治海河与开发序幕。

20世纪50年代以来，海河水利取得了巨大成就，共建成了大、中、小型水库1900余座，修筑骨干堤防6100多千米，开挖、疏浚骨干行洪河道50余条，发展灌溉面积0.07亿 hm^2 。建成引滦入津、引黄济津、引滦入唐等多个跨流域调水工程，初步建成了较为完善的防洪、除涝、供水等体系，为发展国民经济、保障社会安全、提高人民生活水平发挥了不可替代的作用。

尽管海河流域水利建设取得了巨大的成就，但是海河水利事业的发展任重而道远。洪涝灾害、干旱缺水、水土流失和水污染四大问题仍未解决，尤其是水资源紧缺和水生态环境恶化问题，已成为制约区域经济社会可持续发展的瓶颈。

1.1 水资源状况及用水规划

河北省位于华北的北部，境内有北京、天津两大城市，地理位置十分重要，因处于暖温带大陆性季风气候区，冬季受极地大陆气团控制，气候寒冷，雨雪稀少；春季受大陆性气团影响，降水不多，偏北或偏西风盛行，蒸发量大，易形成干旱天气；夏季由于西南风和东南洋面上暖湿气流流向本区，成为主要降水季节；秋季极地大陆气团逐渐加强，又变为秋高气爽的少雨季节，这种气候决定了地区水资源特征。

河北省南水北调工程供水范围，为北京、天津以南的河北平原地区，西起太行山东麓，东至渤海湾、南至漳卫河、北至北京、天津市，总面积 6.3 万 hm^2 ，耕地 385.07 hm^2 ，国内生产总值 2321 亿元，粮食总产量 2024 万 t，棉花总产量 24 万 t。总面积占全省的 33.6%；人口、耕地和国内生产总值约占全省的 60%；粮食、棉花总产量分别占全省的 73.7% 和 89.7%。供水区内包括省会石家庄市，是河北政治、经济、文化中心。7 个（石家庄、邯郸、邢台、保定、衡水、沧州、廊坊）供水区内的工农业发展基础较好，矿产资源、盐化工资源丰富，铁路、公路交通便利，是河北省经济发展支柱地区。

由于水资源短缺，制约了社会与经济的进一步发展，缺水已成为该区域最突出并迫切需要解决的问题。

1.1.1 水资源匮乏日趋严重

1.1.1.1 资源性缺水情况

水资源包括地表水和地下水两部分，按照 1956~1997 年系列资料分析，河北省水资源总量 203 亿 m^3 （实际衰减），其中地表水资源 125 亿 m^3 ，地下水资源 131.4 亿 m^3 ，重复量 52.4 亿 m^3 。按 1997 年人口、耕地计算，人均水资源量为 307 m^3 ，亩均水资源量为 208 m^3 ，是全国水资源占有量最少的省份之一。全省

人均水量约为世界贫水通行标准 1000m^3 的 $1/3$ ，比干旱著称的以色列国还少很多，属资源性短缺地区。资源性缺水主要在于降水量分布不均及降水量减少。

京、津以南平原的南水北调中线规划供水区范围内，目前主要靠海河南系水源供水，水资源总量为 102亿 m^3 ，人均约 261m^3 ，缺水形势更为严峻。

据统计 1985~1997 年，全省年平均用水量达到 211亿 m^3 ，用水量超过实有水资源量。国际上通用的水资源可利用转换系数为 $35\%\sim 40\%$ ，对生态环境将产生严重影响。

河北省现状的水资源可用转换率，一般年都超过 80% ，其中京、津以南地区平原则超过 100% ，已经造成地下水“漏斗”、地面下沉、河流干涸、生态环境恶化。水资源处于掠夺似的开发利用状态，形成了实际上以牺牲环境为代价，换取社会经济暂时发展的局面。

1.1.1.2 地下水资源大量衰减

20 世纪 50 年代以来，河北省由于经济高速发展和实现粮食自给自足，对水资源供应和洪、涝、旱、碱治理提出了很高要求，首先是 20 世纪 50 年代末 60 年代初，掀起了以大搞水库建设为中心的水利高潮。1963 年大水后，又掀起了防洪除涝为重点的根治海河工程，70 年代大搞机井建设，实行节水灌溉，水土保持为主的水利建设。

这些工程既保证了国民经济的快速发展，也为现代水资源的超常规利用提供了条件。随着邻省的经济的发展，又加快加重了河北省水资源的衰减速度，总的表现为：

(1) 资源总量在减少。河北省 1956~1984 年系列水资源总量为 238.6亿 m^3 ，1956~1997 年系列水资源总量为 203亿 m^3 ，减少了 14.9% ，其中地下水由 149.6亿 m^3 减少到 131亿 m^3 ，减少 12.4% 。中线供水区水资源总量由 133亿 m^3 减少到 102亿 m^3 ，减少 31亿 m^3 ，减少量占全省的 87% ，可见水资源主要减少量在经济发达人口稠密的中线供水区。

(2) 自产水量在减少。自产地表水资源量由 20 世纪 50 年代的 235 亿 m^3 减少到 20 世纪 90 年代的 130 亿 m^3 , 减少了 45%, 中线供水区由 108 亿 m^3 减少到 49 亿 m^3 , 减少了 55%。

(3) 入境水量锐减。入境水量是河北省水资源的重要组成部分, 由 20 世纪 50 年代 99.8 亿 m^3 , 减少到 90 年代 29.95 亿 m^3 , 减少 70%。中线供水区则由 20 世纪 50 年代的 83.35 亿 m^3 , 减少到 22.73 亿 m^3 , 减少 72.7%。由于邻省经济的发展, 入境水量有进一步减少的趋势。

(4) 出境水量同步减少。由于用水量的增加和地下水位下降, 出境水量也迅速减少, 由全省 20 世纪 50 年代 165.7 亿 m^3 , 减少到 90 年代的 33.84 亿 m^3 , 减少 79.6%, 相应南水北调供水后, 中线供水区由 112.2 亿 m^3 , 减少到 6.27 亿 m^3 , 减少 94.4%, 过去出境水以中线供水区为主, 占 67.7%, 现在南水北调中线供水区出境水量仅占全省的 18.5%, 说明用水量也是中线供水区增加较快。从 90 年代来看, 如不计 1996 年洪水, 则出境水只有 3 亿 m^3 左右, 也可以说除大水年外, 几乎无出境水。河北省出境水主要流入北京、天津, 随着人口的增加和经济的发展, 流入北京、天津水资源量也会减少。

(5) 入海水量日渐枯竭。河北省入海水量由 20 世纪 50 年代的 86.4 亿 m^3 , 降到 90 年代的 33.7 亿 m^3 , 减少了 60.8%, 而且以唐山、秦皇岛两市为主。海河南系由五六十年代的十几亿立方米减少到 90 年代的 4.07 亿 m^3 , 仅为五六十年代的 40%。如果不计 1996 年的大水, 其余各年的平均值不足 1 亿 m^3 , 也就是除大水年外, 几乎无入海水量。

1.1.1.3 水资源过度开发

河北省缺水有一个历史发展过程。20 世纪 50 年代初期, 全省工农业用水量仅 40 亿 m^3 左右, 直到 60 年代中期, 海河南系各河道还是清水长流, 平原地下水埋深 2~3m, 保定一亩泉、邢台百泉等泉水自溢。进入 70 年代, 工农业用水量日益增多, 资源量在急剧减少, 缺水问题越来越严重, 开始大规模抽取地下

水。目前无论地表水还是地下水，都是在超常开发利用状态。

地表径流的来量扣除出境入海量是本地区水资源的消耗和利用率。河北省的消耗利用是不断提高的。20 世纪 50~60 年代，利用率仅为 25%~35%，而到 80~90 年代达到 58%~70%，其中海河南系达到了 86%~94%。如果去掉 1996 年大水年的水不可能全部利用的因素，全省利用消耗率在 70%以上，海河南系在 90%以上，甚至连境内、境外；处理、未处理的十几亿 m^3 入河污水也被消耗利用了。实际上，地表水的消耗利用率全省已达 86%，南系已超过 100%。也就是说，不但河北省内的污水已经被利用，连山西省、北京市流入河北省的污水也被利用消耗掉了。

由于地表水资源的不足，地下水成为维持河北省经济发展的主要水源，目前全省地下水供水量约占总供量的 70%以上。至 20 世纪 90 年代整个平原区，不但浅层地下水呈持续全面超采状况，就是作为备用应急的深层水也被当做正常资源来开采。1980~1998 年全省平原区累计超采地下水 760 亿 m^3 ，年平均达 40 亿 m^3 ，其中深、浅层各超采 20 亿 m^3 。海河南系平原累计超采 600 亿 m^3 ，年平均超采 31.56 亿 m^3 ，其中浅层水 15.9 亿 m^3 ，深层水 15.66 亿 m^3 。浅层地下水超采随降水量的变化各年有所不同，但总的趋势是采大于补，地下水呈下降趋势。深层水补给困难，但开采量有增无减，由 1980 年的 13.7 亿 m^3 增加到 1997 年的 20.8 亿 m^3 。1996 年大水对浅层地下水有所补充，而两年后地下水位又降到 1996 年水位以下。

以石家庄市多年同期地下水位逐年下降可以看出，一两个大水年并不能扭转地下水超采造成的下降趋势。

综上所述，河北省的地表水和地下水，都处于超常规的开发利用状态，实际上是掠夺性的开采。

(1) 地表水。2011 年全省地表水水质监测点设 II 类水质监测点 44 个，III 类水质监测点 55 个，IV 类水质监测点 8 个。其中不达标的水样高达 123 个，占全部水样的 81%。主要污染指标



有 COD、BOD、氨氮、重金属、石油类等。石油类超标水样 15 个，占总数的 10%；COD 和 BOD 超标的水样 73 个，占总样本的 50%；重金属超标 32 个，其超标元素为铅、汞、镉、锰、铁等，占总水样检测总数的 21%，仅有 19% 的水样达标，见图 1-1。

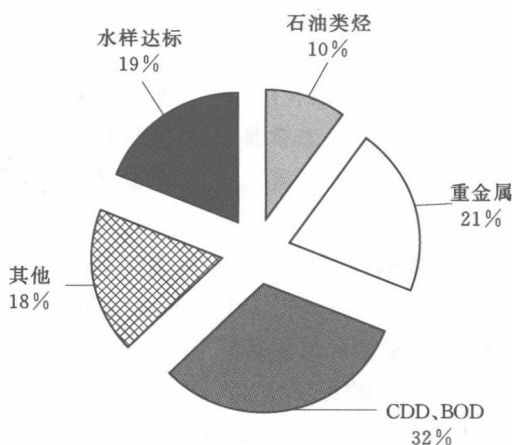


图 1-1 2011 年地表水污染状况分析图

在全省范围内，污染较为严重的城市有：保定、沧州、承德、邯郸、廊坊、秦皇岛、唐山、邢台、张家口等地。依此看出，河北省地表水污染情况较为严重，以致有水不能用，或者居民饮用不达标的水。除了地表水污染以外，地下水也未能幸免。

(2) 地下水。河北省有 4 万 km^2 浅层地下水受到污染，其中平原区是全省的重灾区，占全省的 97%。

河北省平原地下水污染主要分布在城市和河道附近，主要污染物为氨氮、铁、锰、氟、氰、砷、铬、汞、镉、铅等。以三氮和铁锰污染较为严重，氨氮盐氮检出率 29.5%，超标率 8.8%；亚硝酸盐检出率 35.9%，超标率 10.9%，硝酸盐氮检出率 43.5%，超标率 7.1%，三氮污染主要存在山前平原地带及中东平原地区；铁检出率 91.4%，超标率 38.5%，锰检出率

50.4%，超标率 26.6%。铁锰在全省区域都有分布，东部较为严重，衡水、沧州等地高达 60% 以上；其次为氟、矿化度、总硬度等，其中氟主要分布在扇前洼地和中东部平原地区，其中沧州地下水中的氟超标达 6.8%，碘超标达 64.9%。

据统计，省内近年来平均受缺水影响造成粮食减产，每年多达 15 亿 kg，平均每年损失 33 亿元。损失的粮食相当于 1000 万人一年的口粮。工业缺水造成的损失每年多达 60 亿元，年 GDP 损失 70 亿元，占工业增加值的 6%。其他因素主要体现在因缺水造成机井报废所造成的损失，平均每年报废机井 3.4 万眼，造成的直接损失达 21 亿元。

目前全省约有 400 万人存在吃水困难的问题。许多居民长期饮用被污染的水及地区高氟水，健康受到了极大威胁，全省医疗费总计在 2 亿元以上。

华北平原的湿地或湖泊河流在不断萎缩，造成的损失达 30 亿~50 亿元。

除了地表水以外，因超采地下水造成的地质环境灾害如地裂缝、地面塌陷、海水入侵等灾害，影响范围遍布全省。

1.1.2 缺水对社会经济和生态环境的影响

1.1.2.1 缺水制约了国民经济的发展

(1) 工业发展缓慢。河北省及周边地区，矿产资源丰富，交通便利，具有发展冶金、电力、建材、化工等工业的优越条件，但是由于缺水，失去了许多发展机遇，很多建设项目都因缺水未能上马。石家庄、保定、邯郸、邢台、沧州五市从“六五”规划以来，基本上未上大型建设项目。

水资源短缺，城市和重要工业区水荒频繁，供水失去保证，邯郸市 50 年来有 16 年不同程度的水荒，每遇严重水荒年份，市政府都采取紧急停供农业及部分工厂用水，居民定量供水和保重点工业等措施。邢台的百泉泉水干涸；石家庄第 1 含水组面临疏干；保定市一亩泉干涸且出现“漏斗”，中心埋深达 34.87m；沧

州人民长期饮用深层高氟水，“漏斗”面积超过 1 万 km^2 ，中心水位埋深达 92.42m。1997 年建成大浪淀水库开始饮用黄河水；廊坊市第一水源地已近疏干，现正开辟第二水源地。总之各大中城市用水都极度紧张。

(2) 工业挤占农业用水。由于城市、工业的发展，用水量增加，20 世纪 80 年代以来，工业挤占农业用水现象严重，如邯郸市引用东武仕水库水；石家庄市地下水漏斗扩展，已波及周边鹿泉、正定、栾城三县（市）的农业用水，现又引用岗南、黄壁庄水库水；保定、廊坊、沧州等市也是“漏斗”扩展影响周边县农业用水，并在周围县、农村另辟水源地供城市用水。目前邯郸、邢台、保定等市正兴办引水库水的输水入市，挤占农业用水将越演越烈。

(3) 农业旱灾频繁，产量低而不稳。由于缺少大型渠灌区，灌溉面积由 53 万 hm^2 ，萎缩到 28.33 万 hm^2 ，保浇面积仅 15 万 hm^2 。井灌面积也由于地下水位“漏斗”下降，多次机泵换代，农业抗灾能力降低。1949~1965 年年平均旱灾面积 22.40 万 hm^2 ，1965 年后 34 年间出现 66.67 万 hm^2 以上的旱灾 22 年，年平均旱灾面积上升到 87.13 万 hm^2 ，1997 年春旱面积达 360.73 万 hm^2 ，秋冬旱面积 170.67 万 hm^2 ，1998 年受旱面积达 295.87 万 hm^2 。

河北省有近 0.07 亿万 hm^2 耕地，地处华北平原，土地平坦肥沃，光热充足，农业增产潜力很大。但由于严重缺水，目前灌溉条件差的中低产田约占 60%，粮食单产十几年来在 200kg 徘徊，棉花在 40kg 左右，农业有增产潜力，但产量低而不稳。邻省生产条件与河北省相似，由于每年都引用 50 亿~80 亿 m^3 的黄河水，其夏季一季产量就接近河北省全年产量。

1.1.2.2 缺水造成生态环境持续恶化

(1) 河流、淀泊干涸萎缩，水环境恶化。据海河南系平原区 17 条主要河流调查统计，1980~1987 年各河年平均河干天数为 335 天，除个别丰水年、大水年汛期外，平原河道几乎常年无

水，人们通常称之为有河皆干。河道干枯还使河北省航道中断，舟楫之利废弃。

20 世纪 50 年代，华北平原各河道水量充沛，川流不息，是河北省内河航运极盛时期，有“南有苏杭，北有胜芳”之誉。南运河—卫运河、子牙河、滏阳河、大清河—府河、北运河等河道，通航里程 3095km，年货运量 460 万 t。进入 60 年代，部分河段还能断断续续通航。70 年代全部停航。进入 80 年代，人们几乎忘却河北省还有过内河航运的历史。

20 世纪五六十年代，华北平原中部分布着近 20 个湖泊洼淀，包括白洋淀、千顷淀、文安淀、东淀、大陆泽、宁晋泊、永年淀等万亩以上洼淀湿地近 110.87 万 hm^2 ，目前只有 6.67 万 hm^2 左右，有些洼淀已干涸多年，被辟为农田，只是在大水年份调蓄洪水。“华北明珠”白洋淀自 50 年代以来，已发生干淀 15 年。特别是 1983~1988 年连续 6 年干枯，给淀区生态环境和经济生活带来极大的破坏和困难。

(2) 地表水枯竭，水污染严重。近几年监测资料表明，全省地面水质污染已达到监测河长的 75%。保定市的府河、石家庄市的洺河、邯郸市的滏阳河、邢台市的牛尾河均已成为排污河道。海河南系呈现“有河皆干，有水皆污”的严重局面。

(3) 地下水位大幅度下降，“漏斗”不断加深加大。1964 年在大规模开采地下水前，浅层地下水埋深大部分为 1~3m，4~10m 的面积仅 1332 km^2 。至 1997 年末，平原区平均埋深为 10.86m，比超采初期的 1978 年平均下降 6.8m。埋深最大的是山前平原的石家庄、邢台、邯郸三市，平均埋深分别为 21.10m，18.21m，18.16m。高强度超采区形成地下水位降落“漏斗”。全省共有浅层地下水位降落“漏斗”11 个，其中南水北调供水区有 9 个，较大的有雄县、固安“漏斗”、高蠡清“漏斗”、保定“漏斗”、石家庄“漏斗”总面积 8598 km^2 。河北平原中东部有咸水面积 32966 km^2 。深层水位降落“漏斗”共有 10 个，总面积 30900 km^2 。冀县、枣强、衡水“漏斗”形成于 20 世纪 70 年代