

“八五”国家重点科技攻关项目
“黄河治理与水资源开发利用”系列专著

华北地区宏观经济 水资源规划理论与方法

许新宜 王 浩 甘 泓 等编著



黄河水利出版社

“八五”国家重点科技攻关项目
“黄河治理与水资源开发利用”系列专著

华北地区宏观经济 水资源规划理论与方法

许新宜 王浩 甘泓 等编著

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书为将宏观经济、系统方法与区域水资源规划实践相结合的第一本专著。作者系统地总结了在“八五”国家重点科技攻关和其他重大国际合作项目中的新鲜经验,提出了基于宏观经济的水资源优化配置理论,以及在这一理论指导下的多层次、多目标、群决策方法,具体体现了所提理论方法的区域水资源优化配置决策支持系统和应用这一系统对华北水资源问题所进行的专题研究成果。特别是在水资源优化配置的基本概念、优化目标、基本平衡关系、需求管理、供水管理、水质管理、经济机制、决策机制及各主要模型的数学描述等方面均属新的研究工作。

本成果曾获国家计委、国家科委、财政部联合颁发的“八五”国家重点科技攻关重大科技成果奖,1996年水利部科技进步一等奖,1997年国家科技进步二等奖。

本书可供从事有关区域发展规划、水资源规划、开发、利用、保护与管理的科技工作者及有关决策部门参考。

“八五”国家重点科技攻关项目

“黄河治理与水资源开发利用”系列专著

华北地区宏观经济水资源规划理论与方法

许新宜 王 浩 甘 泓 等编著

责任编辑:王才香

责任校对:赵宏伟

责任印制:徐海珍

出 版:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合大楼12层

邮编:450003

印 刷:黄河水利委员会印刷厂

发 行:黄河水利出版社

开 本:787mm×1092mm 1/16

版 别:1997年10月 第1版

印 次:1997年10月郑州第1次印刷

印 张:18.875

印 数:1—1500

字 数:436千字

ISBN 7-80621-140-3/TV·102

定 价:60.40元

“八五”国家重点科技攻关项目
“黄河治理与水资源开发利用”系列专著
编 审 委 员 会

主 任 严克强

副主任 董哲仁 陈效国 庄景林

顾 问 徐乾清 龚时旻 吴致尧

委 员 (以姓氏笔画为序)

龙毓骞 朱兰琴 许红波 祁建华

华绍祖 庄景林 严克强 李文学

李春敏 沈国衣 陆亚洲 陈志恺

陈效国 陈霁巍 张启舜 张良弼

府仁寿 姚传江 徐明权 席家治

董保华 董哲仁 潘贤娣 戴定忠

序

黄河流域是中华民族的发祥地,黄河哺育了中国灿烂的古代文明。黄河流域自然资源十分丰富,是我国最大的能源和重化工基地,宁蒙、汾渭河和黄淮海平原是我国主要的粮棉基地,流域经济发展前景广阔。但是,黄河流域水资源匮乏,人均水资源占有量仅为全国人均的四分之一,耕地亩均水量不足全国亩均水量的五分之一。近几年来,黄河下游在枯水季节常常出现断流,且断流时间逐年加长,断流河段逐年延伸,给下游沿黄地区的工农业生产和生态环境造成了不良影响。据有关部门的调查统计,1991年~1996年年均造成工农业产值损失30多亿元,其中1995年达70多亿元。

黄河流域降雨时空分布极不均匀,全年降雨量的60%~70%集中在6月~9月份,极易产生洪水。黄河又是世界上泥沙含量最高的大河,河道泥沙淤积形成了下游“地上悬河”,洪水灾害十分频繁。据统计,从先秦时期到民国年间的2500多年中,黄河下游决口1600多次,改道26次,基本上是三年两决口,百年一改道,每次决口和改道都给中华民族带来了极其深重的灾难。

新中国成立以来,人民治黄事业取得了举世瞩目的成就,确保了黄河的岁岁安澜,但是由于黄河流域自然地理环境脆弱,黄河的洪水仍是国家的心腹之患,治理开发任务仍十分艰巨。全国人大七届四次会议通过的《国民经济和社会发展的“八五”计划和十年规划纲要》,把黄河治理开发和防洪列为重点,体现了中共中央和国务院对治黄的重视。

当前我国改革开放和社会主义现代化建设已进入一个新的发展阶段。黄河的治理开发,事关我国经济发展的大局。为使我国经济发展实现三步走的目标,治黄作为水利工作的重要组成部分,就必须贯彻落实好“科教兴国”、“科教兴水”和可持续发展战略。黄河的出路在于科技进步。

“黄河治理与水资源开发利用”被列为“八五”国家重点科技攻关项目,既表明了国家对治黄工作的高度重视,也显示出黄河问题的高难度和复杂性。这次科技攻关中广大科研人员深入黄河两岸调查研究,收集了大量的实测资料,在认真汲取以往成果和经验的基础上开展科研试验工作,取得了新的进展和突破,科研成果为黄河的治理与开发提供了大量的科学依据和决策支持。应该说这些成果是集此次科技攻关之大成,是治黄几十年经验总结的集中体现,是广大治黄科技工作者智慧的结晶。

这次出版的项目和专题的系列专著,其目的就是把这些成果推荐给读者,并期望得以推广应用,以提高治黄工作的整体水平,加速流域治理和经济发展的步伐,取得更大的经济、社会和环境效益。

毋庸置疑,黄河问题是很复杂的。黄河自身因水沙的变化而处于不断的变化之中,在其发展过程中还会不断出现新情况和新问题,现已取得的成果只是人们现阶段的认识,要彻底解决黄河问题,还有一段很长的路要走,可以说是任重而道远。我们应当继续加强现场观测、试验和研究工作,探索黄河的规律,不断提高科技水平,充分推广应用新的科技成果,使黄河的治理开发工作不断取得新成就。

严志强

1997年7月17日

总 前 言

新中国成立以来,对黄河治理开发进行了大量的科学研究工作。50年代,曾组织各方面力量对全流域进行了大规模综合考察和科学试验研究,在此基础上编制了“黄河综合利用规划技术经济报告”,为黄河的全面治理开发做出了贡献。60年代,围绕三门峡水利枢纽工程改建和改变运用方式,开展了水库淤积、河道演变规律、河道整治工程和防洪等方面的试验研究。70年代,开展了三门峡水库运用泥沙问题基本经验总结、高含沙水流特性研究和水坠坝技术试验推广。80年代,开展了黄土高原地区综合治理、黄河流域环境变迁和水沙变化、水资源利用、引黄灌区泥沙处理和黄河防洪工程技术等方面的试验研究工作。几十年来的治黄研究工作,取得了一大批具有国际先进水平的成果,形成了一支多学科、高水平的科研队伍,并广泛开展了国际合作交流。

“七五”后期,水利部和中国科学院提出的关于加强黄河综合治理与开发研究工作的建议,得到国务院主要领导的高度重视,在各方面专家充分论证的基础上,国家科委把《黄河治理与水资源开发利用》列为“八五”国家重点科技攻关项目,由水利部、中国科学院和地质矿产部作为项目主持部门,组织有关科技人员进行跨部门、多学科联合攻关。经过充分论证,项目分解为7个课题、22个专题和92个子专题分别开展工作。经过近4年的卓越工作,取得了辉煌的成绩,经专家鉴定委员会对成果的全面鉴定,22个专题中有2个专题成果总体达到国际领先水平,8个专题成果总体达到国际先进水平、部分达到国际领先水平,9个专题成果总体达到国际先进水平,3个专题成果总体达到国内领先水平、部分达到国际先进水平,项目通过了国家科委组织的验收。攻关成果应用所创造的经济、社会和环境效益是长期的和巨大的,其影响也将是深远的。

为了使已取得的成果在黄河治理和开发中发挥更大的作用,并在实践中不断深化,给后人留下一份宝贵的科学财富,水利部有关部门决定编辑出版这套系列专著,其中包括20册专题专著和1册项目综合专著。专题专著由原专题负责人组织编写,对原专题报告进行提炼和深化,其主要编写人员与专题研究人员不尽相同。综合专著由“黄河治理与水资源开发利用”系列专著编审委员会组织专人编写。本丛书因篇幅较大,编审委员会难以逐篇审定,故责成专著主要编写人分别请部分顾问和委员审稿。

由于编辑出版整个过程时间仓促,加之水平有限,难免有不足和错误之处,敬请批评指正。

“黄河治理与水资源开发利用”

系列专著编审委员会

1997年9月

前 言

陈志恺

华北地区包括北京、天津两市,河北、山西两省,以及鲁北和豫北等地区,总面积 42.8 万 km²。区内工农业生产发达,有京津唐经济区、山西能源基地和华北平原粮棉生产区,人口稠密、交通便利且劳动力素质较高,工农业生产在全国占有极其重要的地位。本地区社会经济的持续稳定发展,不仅直接关系到当地广大人民群众生活水平的提高和社会的安定,而且对中国 21 世纪的可持续发展具有举足轻重的意义。

本地区位于半湿润半干旱气候的过渡带。其多年平均年降雨量为 400mm~800mm,年蒸发量为 900mm~1400mm,全区多年平均水资源总量为 524 亿 m³。其人均水资源量为全国人均占有量的 1/6,为世界人均量的 1/24。水资源总量的不足及近年来本地区经济建设的高速发展,已使得华北水资源问题成为影响本地区 21 世纪可持续发展的关键制约因素。本专题是为研究解决华北水资源问题的战略对策而设置的。

华北水资源问题突出表现在三个方面:水资源时空分布与生产力布局不相适应;供水能力建设落后于工农业生产的发展;水环境迅速恶化引起的相应生态环境问题。

华北地区人口约占全国的 11%,耕地面积约占全国的 14%,1993 年工业、农业生产总值分别占全国的 14%及 13%,而水资源总量仅占全国的 1.9%。早在 80 年代中期,本地区的水资源已经接近其合理开发利用的极限,但仍不能满足社会经济发展的需要,因而远距离调水应成为扭转本地区水资源匮乏的重要措施之一。

由于近年来城市化进程加快,农村地区乡镇企业发展迅速,使得城市生活与工业供水,特别是本地区中小城市供水严重不足。滞后的供水能力建设,一方面导致了工农业及地区间争水矛盾加剧,另一方面也影响了本地区农业生产的进一步发展和城乡居民的正常生活秩序。加快供水能力建设,有赖于工程措施与非工程措施的配套进行,工程措施、水资源的优化配置,以及利用经济、法律和行政手段进行的综合协调。

由于地表水的充分利用和地下水大量超采,华北地区生态环境进一步恶化。地面下沉、海水入侵,河道、湖泊、洼淀干涸,水域丧失必要的功能,地表植被退化伴之以风沙加剧,更严重的是大量有害污水渗入地下,使地下水和农田土壤污染十分严重,不但威胁到当代人群健康并且对后代也将造成难以估量的影响和巨大损失。显然,解决华北地区的水资源问题应对水量、水质和水环境问题统一考虑,并在华北水资源优化配置决策中同步加以解决。

华北水资源危机引起了国内外的高度重视,并在科学研究与工程实践两方面均做了大量工作。在工程方面,为了缓解北京市严重缺水的局面,1981 年国务院决定:密云水库停止向天津、河北供水;抓紧建设引滦工程。为了解决天津市面临的断水危机,国务院决定 1981 年和 1982 年两次实施从黄河及岳城水库临时引水。1989 年华北再度出现严重干

旱,河北秦皇岛被迫紧急实施引青济秦工程。同时,本地区的地下水累计超采量已突破400亿 m^3 ,以缓解城市工矿缺水的燃眉之急。

在科学研究方面,张光斗教授和我于1991年中科院学部年会上作了题为《关于我国水资源问题及其解决途径》的发言。会后江泽民总书记批示提出:“在考虑‘八五’计划时得认真研究一下水的问题。人无远虑,必有近忧,是应该未雨绸缪”。陈云同志批示:“水的问题始终是一个大问题。要从战略高度来认识水的问题的严重性。各级领导部门,尤其是经济、科技领导部门,应该把计划用水、节约用水、治理污水和开发新水源放在不次于粮食、能源的重要位置上,并列入长远规划、五年计划和年度计划加以实施,以逐步扭转目前水资源危机的严重状况”。对华北地区水资源实行优化配置,已成为国家领导人和水利界、工程技术界的共识。

国家科委从1982年开始,将《华北水资源研究》项目列入“六五”、“七五”连续两期的国家重点科技攻关计划。前后历时八年,在各有关部门的协同攻关下,为华北水资源问题的根本解决奠定了坚实的基础。其主要成果有:

(1)对华北地区地表水和地下水的资源总量及分布达成了一致认识,并完成了分区评价;

(2)对本地区大气水、地表水、土壤水和地下水间的相互转化规律进行了一系列的理论探索与实验研究,总结出了有效的半经验公式;

(3)对地下水超采造成的海水入侵问题,进行了咸淡水界面运移规律的研究;

(4)对工业、农业和城市生活节水的各类措施进行了系统而深入的研究;

(5)对微咸水利用及地下水调蓄调控的可行性进行了研究,并提出了具体建议;

(6)在IBM4381中型计算机和IDMS/R大型网状数据管理系统上开发的华北地区水资源数据库,为我国水文水资源领域的第一个数据库,装载数据达67兆字节;

(7)以京津唐地区为背景对大系统水资源规划和优化调度方法进行了有益的探索,并建立了相应的模型和软件;

(8)对京津唐地区、山西能源基地、黑龙港地区、胶东地区的水资源供需现状、发展趋势和对策措施进行了专题研究。

通过“六五”、“七五”国家重点攻关项目的实施,对华北地区水资源的分布规律、开发状况、存在问题和发展预测均作了全面的分析研究,并分地区提出了解决缺水问题的对策和措施,为解决本地区的水资源危机作出了实质性的贡献。

为了借鉴国外水资源管理的先进理论、方法和技术,由国家科委组织各有关单位,在1986年~1987年期间与美国东西方研究中心环境与政策研究所合作,对京津地区的水资源管理政策进行了先导性的合作研究,建立了基本的区域水资源政策框架。在1991年~1993年期间,在国家科委和水利部的直接领导下,开展了联合国开发计划署的技术援助项目《华北水资源管理》(UNDP CPR/88/068),初步开发出了华北宏观经济水资源优化配置模型。UNDP华北水资源项目为联合国对发展中国家援助的最大软科学项目,由中国水利水电科学研究院负责主持研究,北京信息控制研究所、清华大学、水利部南京水文水资源所、水利部中科院农田灌溉研究所、水利部海河水利委员会和水利部水质中心等单位均派专家参加了研究。这一项目重点研究了北京、天津、太原、青岛、潍坊等缺水城市和河

北全省的水供需问题,并分别建立了相应地区的宏观经济水资源管理模型。此外,还培养锻炼了从事本专题研究的科研骨干队伍,使得我国的区域水资源研究与区域宏观经济及决策科学更加紧密地结合起来。

90年代以来,随着全球水资源危机的出现,以及经济、环境、社会协调发展,人口、资源、生态良性循环的可持续发展理论的日益深入人心,区域水资源规划与管理问题在理论和实践上均出现了一系列引人注目的变化。特别是我国华北地区,水资源已成为本区域乃至中国21世纪可持续发展过程中政治、经济、环境和社会发展诸多矛盾的焦点。一方面,为从根本上扭转华北水资源的短缺局面,更大范围内的水资源优化配置方案亟待作出决策;另一方面,为了使决策科学化,迫切地需要在规划理论、决策方法和定量手段上实现一系列的突破。这些问题主要表现在:

(1)区域水资源优化配置必须以宏观经济为基础 由于水资源是人类社会生存与发展的重要物质基础,同时水资源的开发、利用、保护与管理均是投资集中型的国民经济基础产业,因而水资源系统和国民经济系统间存在着相互制约、相互依存的关系。经济的不断发展通常导致用水需求的不断提高,而扩大供水能力以满足需水则要求更多的投资。对水资源部门的投资增加,将会改变国民经济各部门间的投资分配,进而影响各部门今后固定资产的形成,并最终体现在经济发展速度、结构和今后需水量的变化上。这一制约关系要求在进行区域水资源问题决策时应以对宏观经济的定量分析为基础,来确定水资源决策的前提和大环境。

(2)水资源优化配置应当以区域的可持续发展为目标 区域的可持续发展属于宏观层次的多目标决策问题。以往的水资源问题研究及本领域的同类研究在微观层次上对单一水库和若干水库进行过防洪、发电、灌溉和供水等多目标的运行研究。但在区域范围内,针对当地地表水、地下水、处理后回用污水、各类外调水等多种水源的统一利用,对于长期发展过程中已建水利工程和规划工程的建设次序与规模的统一协调,对于节水、污水处理回用和开源的相互关系,特别是对于区域水资源整体开发、利用、保护与管理对区域经济、环境和社会发展的影响的定量研究还未见实际应用。显然,在对于包括南水北调引江中线和东线工程在内的重大工程决策应当以大范围内的可持续发展为目标。这就要求在复杂水资源系统的决策理论与方法方面有进一步的突破。

(3)区域水资源问题决策应在量化的群决策基础上进行 在进行分水和投资分摊时,不可避免地要涉及到部门之间、地区之间和上下游、左右岸的诸多矛盾。特别是解决华北水资源问题也必然要涉及到中央与地方不同决策层次和地方不同决策部门间的协调。这种协调应当在定量分析的基础上进行。以往的模型及采用的方法多是单一决策者模式,在协调矛盾和实现水资源优化配置方面缺乏科学基础,要实现水资源的科学分配则需要一种多层次、多目标的群决策方法。

(4)区域水资源优化配置应当在水资源、生态环境和投资三方面实现动态平衡 以往的区域水资源规划偏重于水量的供需平衡,对扩大供水能力和进行需水管理所要求资金的可行性注意不够。同时,水资源开发利用改变了水资源的时空分布,这一方面会改善缺水地区的生态环境,同时也会给另一部分地区的生态环境带来一定影响,对于区域生态环境的平衡应在总体上予以定量评估。只有在水资源、生态环境和资金三方面实现动态平

衡,其经济和社会发展才是可持续的,从而水资源决策本身才具有科学基础。

(5)水资源优化配置应对不确定性和风险予以足够重视 由于区域水资源优化配置为一长期决策和水资源优化配置问题的复杂性,一般需要采用优化模型来统一描述水与经济、环境和社会发展的关系。长期发展过程中经济增长格局具有较大的不确定性,而水文气象要素又具有随机性。这些不确定性和随机性会影响模型的优化结果的实施前提,因而需要模拟检验。因此,要求在水资源优化配置的定量手段上实现模拟与优化技术的有机结合,既可保证方案的优选性,同时又可提高方案在外界条件变化时的适应性。

(6)水资源优化配置方案应注重经济机制和法律行政机制 90年代以来我国水资源决策环境发生的最大变化之一是实施了社会主义市场经济。在市场条件下就应注意运用水价杠杆去影响用户行为,以提高水资源的利用效率。同时,在市场条件下应更加注重取水许可管理制度等一系列非工程措施,以保证优化配置方案的落实。

以上各点体现了90年代以来国内外区域水资源规划与管理研究的最新发展趋势,是从科学技术角度研究对华北水资源实行优化配置的难点,同时也是本专题攻关的主攻方向。

《华北地区宏观经济水资源规划理论与方法》专题的总体技术路线为:

(1)充分利用“六五”、“七五”攻关已经取得的成果,根据90年代以来的社会主义市场经济特点,将宏观经济研究与水资源研究结合起来,初步形成基于宏观经济的区域水资源优化配置理论;

(2)在宏观经济水资源理论的指导下,用可持续发展的观点,将决策理论与区域水资源规划实践结合起来,形成多层次、多目标、群决策的水资源优化配置方法;

(3)利用系统工程方法和先进的计算机技术,用优化与模拟技术相结合的定量手段及定性分析与定量计算相结合的综合集成方法,建立充分体现宏观经济水资源规划和水资源优化配置方法论的区域水资源优化配置决策支持系统;

(4)以上述决策支持系统为工具,对华北水资源的现状及发展趋势进行分析研究,并提出改善与摆脱华北水资源危机的对策措施及相应工程方案。

综上所述,本项专题研究包括了理论方法研究与应用研究两个方面,其内在关系是根据华北水资源问题的特点及国内外研究发展趋势,从理论入手,再形成方法,再建立决策支持系统以形成定量分析工具,最后对实际问题进行应用研究。

经过三年多的科技攻关,全面完成了此项研究,并获得了水利部1996年度科技进步一等奖。本书将系统介绍所获得的研究成果,同时也热切希望广大同仁提出宝贵意见。

1997年4月

本研究专题承担单位及人员

专题名称 华北地区宏观经济水资源规划管理的研究
承担单位 中国水利水电科学研究院
专题负责人 许新宜 王 浩
主要完成人 许新宜 王 浩 翁文斌 史若华 甘 泓
陈蓓玉 黄守信 李令跃 汪党献 韩素华
刘 庆
参加人员 英若智 刘健民 黄 菊 周晓纪 尹明万
卢 跃 张象明 史慧斌 王宇晨 马宏志
蔡喜明 赵 玲 冯战洪 项文娟 徐振辞
高振宇 张宝权 张 彤 申碧峰 孙业勤
周年生 魏传江 申季维 杨继成 赵延风
翁庆金 凯色尔 安尼瓦尔
顾问 陈志恺

本书编著人员

许新宜 王 浩 甘 泓 翁文斌 史若华
陈蓓玉 李令跃 汪党献 韩素华 蒋云钟

目 录

第一章 华北水资源问题.....	(1)
第一节 自然地理条件.....	(1)
第二节 社会经济条件.....	(5)
第三节 水资源量及其分布特点.....	(9)
第四节 水质与水环境	(13)
第五节 区域可持续发展的主要制约因素与水危机	(15)
第六节 实现华北地区水资源优化配置的主要问题	(21)
第二章 水资源优化配置理论基础	(24)
第一节 基本范畴	(24)
第二节 宏观经济学基础	(28)
第三节 优化配置的目标	(39)
第四节 优化配置中的平衡关系	(42)
第五节 需水控制	(48)
第六节 供水决策	(51)
第七节 水经济机制	(61)
第三章 水资源优化配置决策方法	(71)
第一节 水资源优化配置问题的决策特点	(71)
第二节 水资源优化配置的决策模式	(76)
第三节 水资源优化配置决策问题的信息结构	(78)
第四节 单目标决策分析技术	(87)
第五节 多目标决策分析技术	(88)
第六节 群决策分析技术	(89)
第七节 多层次决策分析技术	(91)
第八节 多层次多目标群决策方法及其收敛性	(92)
第四章 水资源优化配置决策支持系统	(94)
第一节 决策支持系统的构成	(95)
第二节 决策支持系统的设计原则	(96)
第三节 决策支持系统的设计.....	(101)
第四节 决策支持系统的功能与应用范围.....	(114)
第五章 模型系统及管理信息系统.....	(121)
第一节 集合、参数及变量	(121)
第二节 模型系统.....	(125)
第三节 水资源管理信息系统.....	(139)

第六章	华北水资源优化配置的方案研究	(153)
第一节	对区域经济发展的基本估计	(153)
第二节	水量需求预测	(168)
第三节	水环境预测	(184)
第四节	当地水资源的承载能力	(193)
第五节	增加有效供水的工程措施	(201)
第六节	水资源优化配置的多目标备选方案研究	(205)
第七节	备选方案的水供需平衡分析	(259)
第八节	水资源优化配置的方案分析	(269)
第七章	结论与建议	(274)
第一节	关于水资源优化配置理论	(274)
第二节	关于决策方法论	(276)
第三节	关于决策支持系统	(278)
第四节	关于华北地区水资源优化配置方案	(280)
第五节	关于决策能力建设	(281)
第六节	关于进一步研究的建议	(282)

第一章 华北水资源问题

第一节 自然地理条件

一、地形地貌

针对华北地区水资源短缺的实际状况,本次研究的重点范围包括北京、天津两市及河北省、豫北地区和鲁西北地区。研究区域内的宏观经济分区及水资源分区见图 1-1 和图 1-2,基本情况参见表 1-1。

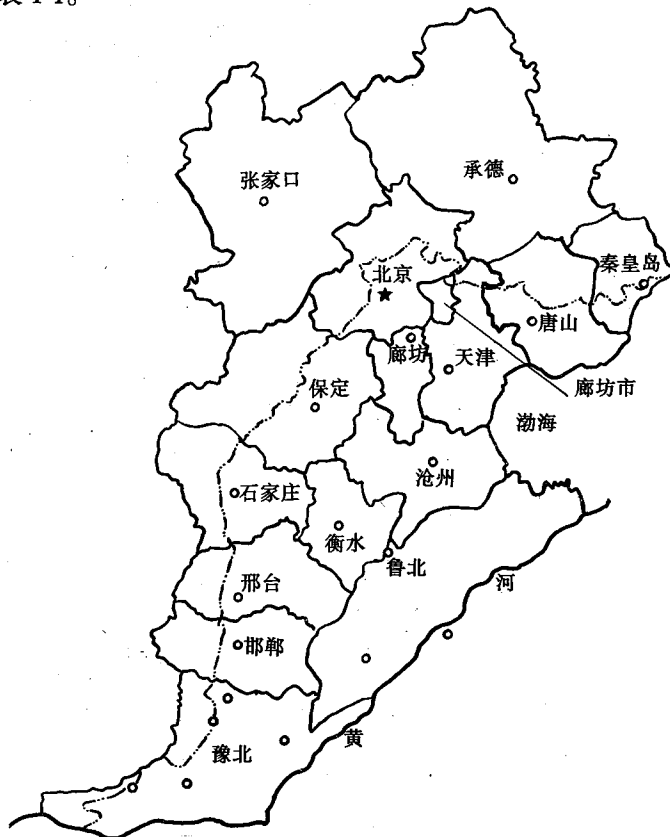


图 1-1 华北地区宏观经济分区图

——山区和平原分界线

上述研究范围地处北纬 $36^{\circ} \sim 42^{\circ}$ 之间,东经 $110^{\circ} \sim 113^{\circ}$ 之间,北界辽宁、内蒙,西倚山西,南界黄河,中嵌京、津两市,其国土面积为 42.8 万 km^2 。

研究区域在地形地貌上的主要特点是:北部和西部分别为燕山、太行山山地,南界黄