



京津冀都市（规划）圈水资源 供需分析及其承载力研究

刘登伟 著



 黄河水利出版社

京津冀都市(规划)圈水资源供需 分析及其承载力研究

刘登伟 著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书以京津冀都市圈为实例,分析了该区的供水、需水、供需平衡状况,并采用人均综合用水法、综合承载人口数法以及系统动力学方法,计算了该区的水资源承载力,提出了“分布式”水资源承载力的研究路线,建立了基于“互逆式”的水资源承载力研究模型,开发了京津冀都市圈水资源承载力的计算系统。

本书可作为水行政主管部门、水资源专家和学者以及高校水资源专业学生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

京津冀都市(规划)圈水资源供需分析及其承载力
研究/刘登伟著. —郑州:黄河水利出版社,2016. 3

ISBN 978 - 7 - 5509 - 1385 - 1

I. ①京… II. ①刘… III. ①水资源管理 -
研究 - 华北地区 ②水资源 - 承载力 - 研究 - 华北地区
IV. ①TV213.4②TV211

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 050720 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsclbs@126.com

承印单位:河南新华印刷集团有限公司

开本:890 mm × 1 240 mm 1/32

印张:8.25

字数:240 千字

印数:1—1 000

版次:2016 年 3 月第 1 版

印次:2016 年 3 月第 1 次印刷

定价:30.00 元

前 言

我国是世界上水资源较为贫乏的国家之一,尤其是近年来人口增加和社会经济发展致使水问题日益突出。水资源承载力研究作为可持续发展和水资源安全战略研究的基础,对于实现区域水-生态-社会经济复合系统的协调发展具有重要意义,也是当前水资源科学研究领域中的一个重点和热点。京津冀都市圈是国家开展区域规划的先行地区,也是我国北方最大的都市经济区和建设创新性国家的主要支撑地区,在我国经济社会发展中具有重要的战略地位。2015年4月,中共中央审议通过了《京津冀协同发展规划纲要》,提出推动京津冀协同发展是一个重大国家战略,要严控增量、疏解存量、疏堵结合地调控区域人口规模。那么京津冀究竟能承载多少人口?具体如何测算?许多学者和专家都对此进行了测算。本书是在学习借鉴众多前辈研究的基础上,以京津冀都市圈为实例,创新性地提出了“分布式”水资源承载力以及建立了“互逆式”的水资源承载力研究模型,旨在对水资源承载力的理论和方法进一步深化和探索。全书共分6章,第1章为绪论,介绍了研究背景、研究意义和研究思路;第2章为研究理论与方法综述,介绍了水资源承载力的概念、起源与发展;第3章对京津冀都市圈水资源供需状况进行了分析;第4章采用人均综合用水定额法、综合承载人口数法和系统动力学方法对京津冀都市圈水资源承载力进行了计算;第5章介绍了基于GIS组件开发的水资源承载力系统;第6章为结论与展望。

本书在编写过程中得到了恩师封志明研究员的大力支持。同时,杨艳昭博士、方玉东博士、姜鲁光博士、刘宝勤博士、张月鸿博士、杨玲博士、张景华博士也参与了部分章节的撰写工作,特此表示感谢。

水资源承载力研究是一个传统、深奥而又复杂的研究领域,由于受获得的资料和数据以及作者研究能力和写作水平的限制,书中难免存在疏漏及诸多不足之处,敬请读者批评指正。

作者
2016年1月

目 录

前 言

第1章 绪论	(1)
1.1 研究背景	(1)
1.2 研究意义	(4)
1.3 研究思路与研究内容	(8)
1.4 数据来源	(13)
第2章 研究理论与方法综述	(17)
2.1 水资源承载力研究的概念框架	(18)
2.2 水资源承载力研究的起源与发展	(20)
2.3 水资源承载力的研究方法	(28)
第3章 京津冀都市圈水资源供需分析	(35)
3.1 基础数据处理	(35)
3.2 供水分析	(43)
3.3 需水分析	(72)
3.4 供需平衡分析	(102)
3.5 水资源开发潜力分析	(111)
3.6 小 结	(117)
第4章 京津冀都市圈水资源承载力计算	(120)
4.1 人均综合用水定额法	(121)
4.2 综合承载人口数法	(147)
4.3 利用系统动力学计算水资源承载力	(209)
4.4 小 结	(224)
第5章 水资源承载力系统开发	(227)
5.1 GIS 基础软件平台选型	(227)

5.2	系统主要功能	(228)
5.3	小 结	(232)
第6章	结论与展望	(234)
6.1	主要结论	(234)
6.2	问题与展望	(241)
参考文献	(243)

第 1 章 绪 论

水是地球上一切生命的源泉。埃及的尼罗河、中国的黄河、印度的恒河均孕育了人类的文明。水资源是工业之血液、农业之命脉、经济之基础。然而,世界上的淡水资源是非常有限的。在我们生存繁衍的地球上,虽然水覆盖了 70.8% 的面积,但是这其中有 97.5% 的水是咸水,在余下的 2.5% 的淡水中,有 87% 是冰雪,人类真正能够利用的是江河湖泊以及地下水中的一部分,仅占地球总水量的 0.26%。有人比喻说,在地球这个大水缸里可以利用的水只有一汤匙。

1.1 研究背景

1.1.1 世界水危机

在过去的一个世纪,随着科学技术的飞速发展,人类以发展经济为重点开发利用水资源,创造了世界经济奇迹,但水资源不合理的开发利用使全世界面临着严重的水资源危机(World Bank, 1995; Gleick, 1993)。1972 年,联合国人类环境会议指出:石油危机之后,下一个危机是水危机(UNEP, 1972)。1977 年,联合国水事会议进一步强调:水,不久将成为一个深刻的社会危机(赵卫, 1999)。1997 年,联合国在《对世界淡水资源的全面评估报告》中提出:缺水将严重制约下世纪的经济和社会发展,并可能导致国家间的冲突(UN, 1997)。据联合国公布的数据,全球用水量在 20 世纪增加了 6 倍,是人口增长的 2 倍(WWC, 2006)。联合国教科文组织认为,目前地球上淡水资源总体充足,但由于分布不均、管理不善、环境变化及基础设施投入不足等原因,全球约有 1/5 的人无法获得安全的饮用水,40% 的人缺乏基本卫生设施(UNESCO, 2006)。英国《独立报》日前引用的一项统计数字表明:目

前,在全球 500 条大河中,超过半数严重枯竭。全球很多地区的农村和城市面临水资源匮乏的危机(Geoffrey,2006)。就农村而言,据预测,到 2030 年,全球粮食需求将提高 55%,因此农村地区需要更多的灌溉用水,而这部分用水已经占到全球人类淡水消耗的近 70%。就城市而言,据预测,到 2007 年,全球一半人口将居住在城镇。到 2030 年,城镇人口比例会增加到近 2/3,从而造成城市用水需求激增(Janusz,1999),联合国估计,届时将有 20 亿人口居住在棚户区 and 贫民窟,而缺乏清洁用水和卫生设施将严重威胁城市贫民的基本生存(UNESCO,2006)。为此,如何处理好水资源开发与保护、人口与水资源以及与可持续发展的关系,已成为世界各国科学界研究的热点之一。

1.1.2 中国的水危机

中国人口占世界总人口的 22%,而淡水占有量仅为 8%,人均淡水拥有量只有世界人均值的 1/3,是众所周知的贫水国家。虽然中国水资源总量为 2.8 万亿 m^3 ,列世界第 6 位,但根据联合国在 2006 年 3 月 16 日“第三届水资源论坛大会”召开之前发表的最新报告(《世界水资源开发报告》)对 180 个国家和地区的水资源丰富状况做出的排名,中国以平均每人每年拥有近 2 260 m^3 用水的统计数字排在第 128 位,全国 666 个建制市中就有 300 多个城市缺水,其中 100 个严重缺水。在农村,有 8 000 万人饮水困难,农业每年缺水达 300 亿 m^3 。2005 年全国工业和城镇生活废水排放总量为 428.4 亿 t,比 2004 年增加 3.2%,其中工业废水排放量 200.7 亿 t,比 2004 年增加 3.5%,城镇生活污水排放量 227.7 亿 t,比 2004 年增加 3.0%。根据蒂娜·巴特勒(Tina Butler,2005)所作的一份题为《迫在眉睫的中国水危机》的报告显示,中国每创造单位 GDP 所消耗的水资源数量比发达国家高出 7~15 倍。中国水资源的 65% 被农业消耗,但其中有 55%~60% 都被浪费了。中国的水危机日益成为制约经济发展的一大瓶颈(闵庆文等,2002)。水量不足导致的中国几大河流减流或断流现象已经迫使一些水力发电厂能源大幅减产,无法满足必需用电。据政府统计数字显示,中国 70% 的江河湖泊都已经遭到不同程度的污染。这种现象在农村地区尤为严

重,我国约3.6亿农村居民缺乏清洁的饮用水,这也是很多河流沿岸变成癌症高发地带的原因之一。例如,广东省北部某地区河流污染极为严重,以至于沿岸村庄被称为“癌症村”。白洋淀(意思是白色的湖海)曾经是一片清水沼泽地,水生动植物资源丰富。然而,自20世纪80年代起,干涸、支流改道、修建水库以及工业占用等导致白洋淀遭到污染,在过去50年中,超过1/3的白洋淀湿地已经萎缩。为此,水危机已经提到我国的第十一个五年计划日程上,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中将“节约用水”“加强水污染防治”等都列为重要规划目标。

究其原因,主要是随着我国社会经济的发展,一方面对水资源的需求不断增加,另一方面却使可利用的水资源不断减少,最后造成了人类社会与生态环境之间的用水竞争,其结果是人类侵占了生态环境所必需的那部分水资源来满足自己短时期、非持续的发展,而生态环境不断恶化,反过来又约束着社会经济的发展,这样一种恶性循环如果任其继续下去,最终的后果就是生态系统彻底遭到破坏,无法支持人类的生存与发展。由于生态效益往往要经过较长的历史时期才能予以判断,而且生态环境一旦遭到破坏,则很难在短时期内恢复。这样就需要在进行发展规划和战略制定前明确以下一些问题:一个区域到底有多少水资源可供利用?还有多少潜力可供开发?在未来特定发展阶段可以支持多大的社会经济与人口发展规模?在此发展模式下能否保证生态环境的良性循环?这一系列的问题已经成为各级政府部门关注的焦点,即水资源承载力的研究问题。

根据资源环境承载能力、现有开发密度和发展潜力,统筹考虑未来我国人口分布、经济布局、国土利用和城镇化格局是“十三五”规划中的重要目标。

因此,弄清楚水资源承载力的理论内涵及计算方法具有十分重要的理论意义和现实意义。但是,由于水资源承载力的研究起步较晚,在国外还没有确切的以水资源承载力为内容的系统研究成果。国内虽然已经进行了一些研究工作,但在理论和研究方法上尚处于探讨和尝试阶段。为此,本书选取水资源承载力作为研究方向,希望在前人研究的

基础上,应用新的理论、新的方法,对水资源承载力的概念、内涵及计算方法进行进一步探索,并以京津冀都市(规划)圈(京津冀都市圈)作为应用实例(见图 1-1),提出适合该地区特点的水资源承载力成果,为政府部门进行水资源管理规划乃至整个区域宏观社会经济发展提供决策依据。

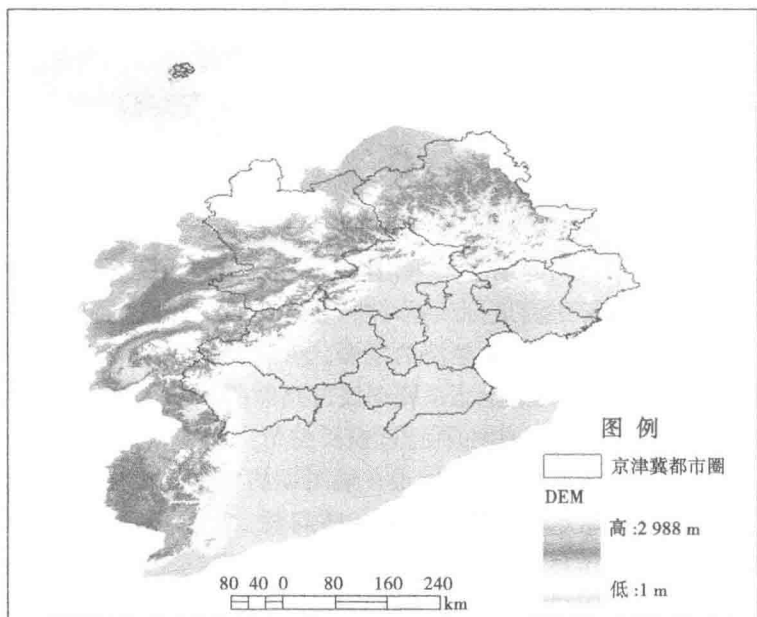


图 1-1 京津冀都市圈及海河流域示意图

1.2 研究意义

流经京津冀都市圈的海河是我国的七大江河之一,流域面积 31.8 万 km^2 。虽然流域面积仅占全国总面积的 3.3%,但流域人口占全国总人口的 10%,耕地面积占全国总面积的 12%,国内生产总值占全国总产值的 12%。流域内不仅有我国的政治和文化中心,而且也是我国经济发达的地区之一(钱正英,1991;王志民,2000)。

随着人口的剧增和经济的迅速发展,海河流域特别是京津冀地区产生了严峻的水资源短缺问题:流域水资源供需矛盾突出,城市供水严重不足,水生态环境日益恶化。所有这些问题,已经成为制约流域经济社会可持续发展的重要因素。专家认为,21 世纪初,环渤海经济圈(海河流域全部,其中心在京津冀都市圈)将成为继珠江三角洲、长江三角洲之后的中国经济最活跃地区,海河流域在全国经济社会发展中的重要作用更加突出。因此,如何以水资源的可持续利用支撑和保障经济社会的可持续发展,是当前水资源科学亟待研究和解决的重要课题。

1.2.1 水资源供需矛盾突出

京津冀都市圈所在的海河流域总体上属于资源型缺水地区。据 1956 ~ 1998 年水文系列统计,全流域水资源总量 372 亿 m^3 ,人均占有量 305 m^3 ,仅为全国平均水平的 1/7、世界平均水平的 1/27,远远低于人均 1 000 m^3 的国际水资源紧缺标准。在全国七大流域中,海河流域的人均水资源占有量最低。为适应经济社会发展的需要,全流域每年超采地下水 42.7 亿 m^3 ,利用污水 25 亿 m^3 ,引用黄河水 8 亿 m^3 。即使如此,还不得不牺牲上游地区的利益和限制经济发展来维持城市用水。如目前北京人均水资源占有量不足 300 m^3 ,不及国际公认的缺水下限的 1/3,仅为全国平均水平的 1/8。不容乐观的是,海河流域水资源量呈逐渐衰减的趋势。若将 1956 ~ 1984 年水文系列与 1984 ~ 1998 年水文系列相比,新系列多年平均降水量下降 3%,地表水资源量下降 14%,地下水资源量下降 7%,水资源总量下降 11%。如果考虑今后流域经济社会发展的规模和速度,那么水资源供需矛盾将会日益突出(姚勤农,2003)。

水库供水能力在下降,目前海河流域已建成大、中、小型水库 1 821 座。其中,河北省修建了大量的水利工程,包括大型水库 33 座、中型水库 116 座、小型水库 1 672 多座,总库容量达到 315 亿 m^3 (杨学军等,2006)。但是大部分水库修建的时间已经很长,大大影响了海河流域的供水能力。据研究表明,水库建成后的 5 ~ 10 年,其库容量就会大幅度减少。

1.2.2 生态环境恶化

由于水资源过度开发和水污染,海河流域水生态环境已严重恶化(鲁学恩,2006)。第一,中下游河道有4 000多 km 断流。其中断流300 d 以上的占53%,有的河道甚至全年断流(何凡能等,2001)。基于上述原因,这些河道的动植物丧失了生存条件,大量水生物种灭绝;输沙、输盐作用大大降低,大量泥沙淤积在水库、河床和河口;大量盐分在平原区积累,给土地资源以潜在的威胁。第二,入海水量大大减少。20世纪50~90年代,全流域年代平均入海水量依次为163.8亿 m³、101.8亿 m³、59.1亿 m³、11.2亿 m³、26.9亿 m³,导致了河口生态环境的恶化(郑建平等,2005)。第三,湖泊干涸,湿地萎缩,湿地面积由20世纪50年代的10 000多 km²减至目前的899 km²,大大降低了其贮水、补给地下水、净化水体、调节区域气候以及生物多样性的作用(郭丽峰等,2005)。第四,河流水体严重污染,近80%的河段达不到规划水功能的水质标准(张韶季等,2006)。1998年,全流域排入河道的废污水总量达到46亿 t,入河污染物145万 t,使112 219 km²的水质评价河长中有73%受到污染,因而水生态功能大大降低,一些珍贵鱼种基本绝迹。第五,地下水漏斗成片,地下水资源面临枯竭。地下水超采,形成了大片的地下水位下降漏斗区,导致了区域性地面沉降和变形、海水入侵及咸水界面下降等一系列环境地质问题(王金哲等,2005)。第六,水土流失仍未得到遏制,导致土壤沙化,河床、水库和湖泊淤积以及沙尘暴肆虐,严重影响了海河流域人民正常的生产生活(张凤翥等,2005)。

1.2.3 经济迅猛发展对水资源的压力

改革开放以来,我国东部沿海地区正在形成三大经济圈,即珠江三角洲经济圈、长江三角洲经济圈和环渤海经济圈。专家认为,继珠江三角洲、长江三角洲经济圈成为中国经济最活跃的地区之后,环渤海经济圈,尤其是京、津、冀地区正在加速崛起。预计在2020年左右,这里有望成为中国经济板块中乃至东北亚地区极具影响力的经济隆起地带。

“环渤海地区在中国参与全球经济协作及促进南北协调发展中所处的重要位置,将使加快启动该地区发展成为必要选择”。北京大学中国区域经济研究中心主任杨开忠(2006)分析认为,这一经济圈首先是京、津、冀地区正面临的“起飞契机”。京、津、冀地区作为中国政治文化和国际交流中心,在亚太地区国际经济分工协作中具有重要地位,势必带动中国西部大开发及东北地区的发展,对于解决中国经济南北差距具有特殊作用。另据研究,中国将会崛起五大城市群,即五个“三角”。其中,京三角是以京、津为中心,包括京、津和冀北地区的10个城市,京三角的发展将会拉动整个环渤海地区的发展。而水资源作为国民经济发展和进步的基础,是影响经济发展的重要制约因素。

因此,面对21世纪初海河流域经济社会发展的形势,以水资源的可持续利用支撑流域经济社会的可持续发展已经成为一个迫在眉睫的重大问题。这一问题解决得好坏,直接关系到海河流域乃至环渤海经济圈的经济能否腾飞。

1.2.4 响应国家政策具有实效性

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中提到:加强水资源管理,从注重水资源开发利用向水资源节约、保护和优化配置转变。加强水资源统一管理,统筹生活、生产、生态用水,做好上下游、地表地下水调配,控制地下水开采。完善取水许可制度和水资源有偿使用制度,实行用水总量控制与定额管理相结合的制度,健全流域管理与区域管理相结合的水资源管理体制,建立国家初始水权分配制度和 water 权转让制度。本书中所涉及的研究内容适应了国家的发展战略,积极响应了国家的政策。书中研究的雨水利用开发潜力是2011年中央一号文件中的内容之一;书中研究的农业节约用水及水资源补偿问题是“十三五”规划的重要内容;海河流域内的京津冀都市圈是南水北调的重要受水区,研究其水资源承载力状况,对于南水北调工程完成后的水资源合理分配管理具有重要的意义。综合考虑未来五年我国发展的趋势和条件,国家发展与改革委员会在“十三五”规划中,把京津冀协同发展放在了突出重要的位置。因此,本书选择京津冀都市圈

为对象,研究其水资源承载力具有重要的理论意义、现实意义和政治意义。

1.3 研究思路与研究内容

1.3.1 研究内容

本书希望在前人研究的基础上,在理论和方法上有所突破。同时,水资源承载力的研究涉及社会、经济、资源、环境各个方面,内容宏大,由于时间、水平等条件的局限,研究中不可能面面俱到,本书的研究内容主要包括以下几方面:

(1)供水研究。从两个层次(流域尺度和行政区尺度)分析了研究区的雨洪利用潜力;对地表径流的年际变化、年代变化及空间变化规律进行了研究;重点研究了采用遥感 MODIS 1B 数据和 GIS 技术,估算区域内可控水量(水库蓄水)的方法;分析了研究区内的地下水开发历史、现状及未来的态势。

(2)需水研究。对区域内的农业需水、工业需水、生活需水及生态需水状况和趋势进行了研究;以农业内部结构调整研究为突破口,对研究区内农业结构调整后节约的水资源量及经济效益进行了研究,并据此提出了农业结构调整的最佳方案,为水资源补偿提供了理论依据。

(3)应用综合承载人口数法和人均综合用水量结合互逆式模型,计算了不同空间尺度、不同水平年、不同福利标准下的水资源承载力;研究在南水北调工程完成后区域水资源的承载力变化情况;利用系统动力学方法研究了不同方案下的研究区水资源承载力状况。

(4)为提高水资源承载力研究应用的普遍性,研究开发了水资源承载力计算系统。

1.3.2 研究思路

本书将研究内容划分为三个层次:第一层次研究水资源系统,即供水系统能给区域提供多少水资源;第二层次为需水系统,即研究区内工

业需水、农业需水、生活需水和生态需水,主要确定其需水的水量;第三个层次为水资源承载力系统,即在供需水分析的基础上,确定研究区内的水资源承载力状况(见图 1-2)。

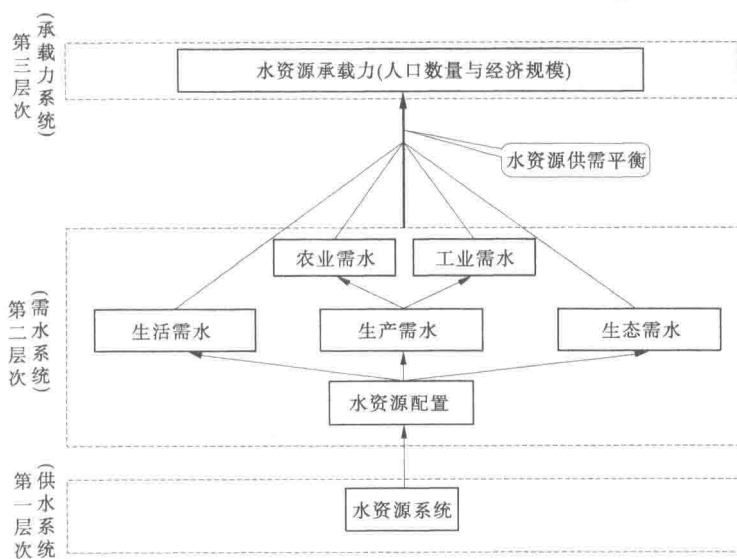


图 1-2 逻辑研究层次划分与技术路线

第一层次(供水系统)的研究内容主要包括以下两个方面:水资源供水系统的评价研究和研究区的水资源供水量研究(见图 1-3)。

第二层次(需水系统)的研究主要内容是:确定生活用水、工业用水、生活用水和生态用水的数量。重点研究了农业用水中,从粮食作物需水出发,探讨考虑水资源成本后农业结构调整方向(见图 1-4)。

第三层次(承载力系统)研究内容和方法主要有以下几个方面:应用人均综合用水定额法、系统动力学法和综合承载人口数法对区域水资源承载力进行计算。通过方法之间的比较进而确定区域水资源承载力的发展趋势及最佳的承载力水平。同时分析在不同时间和空间尺度下,水资源承载力研究的差异,进而对区域的水资源承载力状况有全方位的了解,为区域规划提供重要的依据(见图 1-5、图 1-6)。

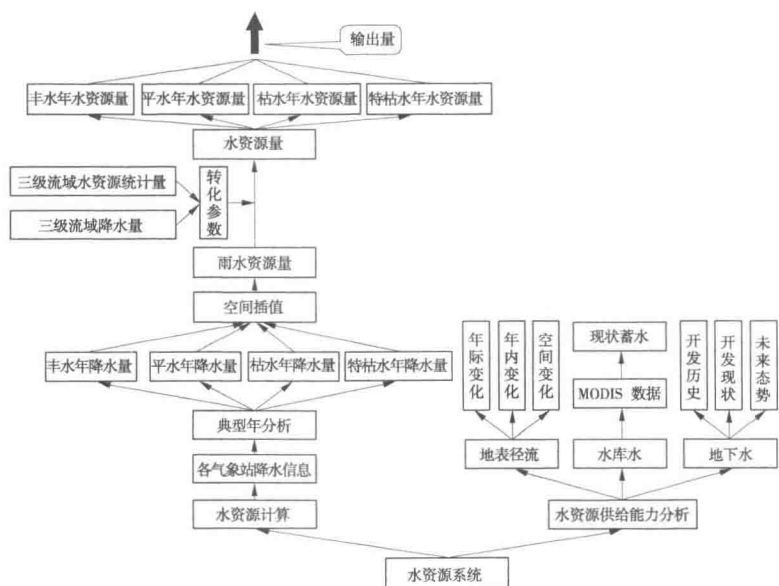


图 1-3 第一层次(供水系统)研究内容框图

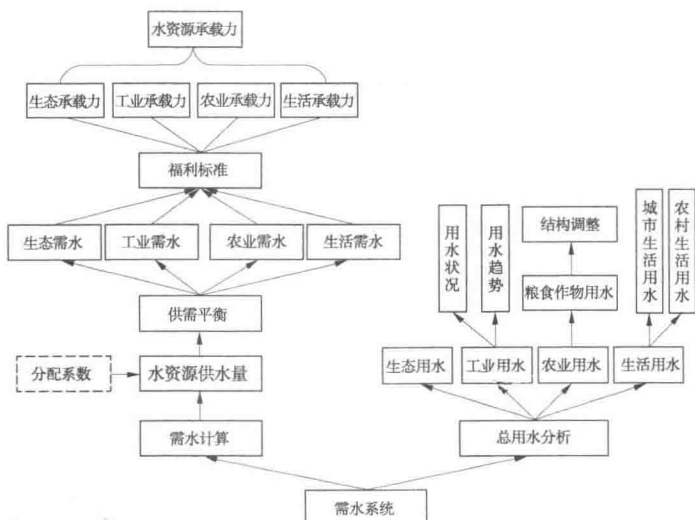


图 1-4 第二层次(需水系统)研究内容框图