

中国水利教育协会组织编审

水资源

开发利用与管理

人民日报出版社

水资源

开发利用与管理



水 资 源 开 发 利 用 与 管 理

中国水利教育协会组织编审

(中)

人民教育出版社

第二章 水资源可持续利用发展规划

第一节 水资源系统

一、产生

按照系统研究开创者贝塔朗菲的定义,系统是“相互作用的多种元素的复合体”。具体地讲,系统是“由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体,而且这个‘系统’本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分”。系统的定义体现了系统的两个特点:一是多元性,系统是多样性的统一、差异性的统一;二是相关性或相干性,系统中不存在与其他元素无关的孤立元素或组分,所有元素或组分都按照系统特有的、足以与别的系统相区别的方式彼此关联在一起。这两个特点又决定了系统的另一个更重要的特点,即整体性。系统是由它的所有组分构成的统一整体,具有整体的结构、特性、状态、行为和功能。在研究系统时,最重要的两个方面就是系统结构和系统功能。系统结构是系统的组成要素及要素间的关联方式;系统功能则是由系统各组成部分有机联系在一起而展现出来的整体作用。功能和结构关系密切,系统功能由系统结构和环境共同决定。

系统科学就是以系统及其机理为对象,研究系统的类型、性质和运动规律的科学。系统观念和思想源远流长,但形成科学的体系是在二次世界大战后。20世纪,由于生产力的巨大发展,出现了许多大型、复杂的工程技术和社会经济的问题,它们都以系统的面貌出现,都要求从整体上加以优化解决。由于这种社会需要的巨大推动,系统科学于二次世界大战后应运而生,通常以贝塔朗菲提出“一般系统论”概念为标志。20世纪40年代出现的系统论、运筹学、控制论、信息论是早期的系统科学理论,而同时期出现的系统工程、系统分析、管理科学则是系统科学的工程应用。20世纪70~80年代,系统科学的发展主要是系统自组织理论的建立。80年代以来,非线性科学和复杂性研究的兴起对系统科学的发展起到了很大的积极推动作用。在我国,系统科学的研究是从20世纪50年代推广应用运筹学开始的。1978年,钱学森、许国志、王寿云发表了“组织管理的技术——

系统工程”一文，提出了利用系统思想把运筹学和管理科学统一起来的见解，为我国系统科学的研究开创了新局面。20 世纪 80 年代钱学森等中国科学家提炼与总结出了开放的复杂巨系统概念，以及处理这类系统的方法论，即从定性到定量的综合集成法，并明确提出了系统科学的体系结构，为系统科学的研究做出了重要贡献，也得到了国际系统科学界的肯定。

水资源系统工程是系统工程的一个重要分支，是水利科学及其他科学技术发展到高度综合化阶段并与系统工程相结合的产物，是系统工程的扩充和发展。尽管人类利用水资源的历史开始于久远的古代，然而作为一门新兴学科，水资源系统工程的出现才仅有三十多年的光景。

水资源系统工程产生和发展的原因，概括起来说，主要是由于当代水资源的开发，愈来愈变得具有系统的性质，不仅水资源工程的规模变得如此巨大，以至于涉及广大的区域甚至跨越国界，而且，就涉及的科学技术领域而言，它已经成为一个与多种学科有关的边缘科学，除水利工程外，诸如社会、政治、法律、经济、管理，以及国家关系等各个方面，都成为它不可缺少的内容和制约因素。这就是说，水资源的开发利用，是涉及某地区整个环境的复杂的问题，它突破了区域性、行业性、学科性的界限，成为一类综合性很高的系统性问题，对于这种问题的解决，只用传统的水利工程技术，不能达到人们的期望和要求，要求采用解决系统性问题行之有效的方法——系统工程方法，这就是水资源系统工程产生的客观基础。此外，现代科学技术的发展，如自然科学、社会科学、系统科学、现代数学、计算方法和计算技术的辉煌成就，以及信息科学的发展和水资源的科技情报资料的急增等，也为水资源系统工程的产生提供了理论基础，并大大促进了它的迅速发展。

在 20 世纪 50 年代，人们开始认识到水资源系统既具有某种基本的工程学性质，还具有经济学和社会学的色彩，开始研究规划和设计复杂的现代水资源系统工程的方法学。这种方法学的目的在于：首先，要能够初步筛选系统的有关方案，以便鉴定出适宜于进一步分析的有前途的方案；其次，要详细分析这些方案，以得出一个或几个最优设计。由此，使得在水资源系统的解析模型和数字计算机模拟模型两个方面，都取得了很大的进展。

面对水资源的一系列新问题，跨学科的理论方法不断涌进原有水利科学的领地。特别是系统科学和系统工程的理论与技术，已广泛地引起人们的重视与应用，并且取得了可喜的成绩和发展。值得提及的是，在系统理论上，认识到水资源系统理论必须纳入系统科学的范畴来考察，必须将其视为更广泛的自然——社会系统来研究；在技术方法上，为适应问题要求和科技发展现实，逐渐冲出了传统的单一目标、单一技术和个体决策的圈子，考虑了水资源的多目标、多层次和群体决策的特点，走向探索新理论和新方法的途径。这些趋势和动向，虽需投入艰苦的努力，但客观世界的现实，必定促进其逐渐实现和完善。

系统具有如下主要特征：

1. 目的性。人造系统皆具有目的性，而且往往不止一个，水资源系统也是如此，系统的目的决定着系统的基本作用和功能，系统功能一般是通过同时或顺次完成一系列任务来达到的。系统的功能可能有若干个，而这些功能的达到也就实现了系统中间的或最终的目的。

2. 集合性。把具有不同属性的一些对象看做一个整体,便形成一个集合。集合里的各个对象叫做集合的要素。系统的集合性是说,系统至少是由两个或两个以上的可以相互区别的要素所组成。在这里,所谓有区别的要素,是从它们对系统整体性能的影响来看,它们具有不相同的性能,如果只有一个要素,或者即使不是一个而是若干个性质相同的要素,也不能构成系统。

3. 整体性。系统是作为一个整体而存在,只有作为一个整体,系统才能充分发挥其功能。系统的整体功能,是系统组成各要素的性能综合的结果,一个要素的性能和行为,对系统整体的影响多不具有独立性,由于这种综合的结果,使得系统的性质和各要素的性能面貌全非了。因而系统的各要素,必须服从整体的要求,在整体功能的基础上展开各要素及其相互间的活动。这就是系统功能应具有的整体性。

4. 相关性。这是指系统内的要素间存在着相互作用、相互依存和相互制约的关系,即它反映了系统的内在联系。有要素但要素间没有相互联系则构不成系统,因为系统不是要素的简单堆积,而是要素的集合。

5. 环境适应性。任何一个系统都存在于一定的环境(或更大的系统)之中。从集合论的角度看,环境是系统的补集。因此,它必须要与外部环境产生物质、能量和信息交换,必须适应外部环境的变化。

考察水资源系统独自特征的基本出发点,应从组成这个特定系统的物质形式——水及水与经济社会间的密切关系入手,进而分析揭示它的独特性质。从这个观点看,水资源既是自然系统的一员,又是社会系统不可缺少的重要物质资源的组成部分。无疑,它是个自然与社会(人工)相结合开放性的复合系统。其特点有:

(一) 水资源系统的结构和功能受自然规律的影响和制约

作为自然系统之一的水资源系统,有许多不以人们意志为转移的自然规律,对系统的结构、功能和行为起着重要的制约和支配作用,对系统环境包括自然环境和社会环境也有着重要的影响。但这种制约和影响的作用,在系统设计和系统运行阶段是有一定的差别的。

在建立新的水资源系统设计阶段,任何流域或地区水资源开发和治理的规模、方式、措施和目的,无不受自然地理、地质、生态、水文循环、水量、水质等约束,有时这些约束或某种约束是起决定性作用的。对于已建的系统运行阶段,外界(自然的和社会的)对系统结构的影响是较小的,且可使其保持相对的稳定性。然而,对于系统功能却易受外界影响,且影响较大。

任何水资源工程的建设期和运行期,对自然环境和社会环境都会带来影响。这种影响或大或小,或正或负,因具体情况而异;有时某种影响是不可逆转的。因此,水资源开发利用和保护治理的合理性,只能在不断认识自然,合理利用自然规律的基础上实践;那种粗暴地对待自然、掠夺自然资源的行为,必将遭受自然的无情惩罚。

(二) 水资源系统的正负效应受人类意识和活动的主宰和支配

作为经济社会系统一部分的水资源系统,是人类为了自身的利益,长期以来对自然过程进行干预控制的产物。人类生存离不开水,经济社会发展更离不开水资源的供给。然

而,自然状态的水和资源并不能满足人类生活和生产的需求,迫使人们不得不采取各种措施,主要的是工程技术措施,用以改变自然水资源的时空分布特征,使之为人民利益服务。由于人类对自然规律认识的不足,对自然进行粗暴干预的结果是自然对人类愈来愈严重的惩罚。

(三) 水资源系统是连接生态环境与社会环境的桥梁,是协调自然与经济社会环境系统良性发展的不可替代的必要条件

人口增长和经济社会发展,都需要大量自然资源及其再生资源的供给。如果万物赖以生存的自身环境遭到破坏,自然生产能力必然下降,人类社会必将受到损害,甚至威胁人类的存亡。然而,建立和发展水资源系统,保护改善生态环境,并将其与社会经济连接起来,通过工程技术和人力物力的投入,调节控制生态环境与经济社会协调发展,就可使自然与社会系统持续稳定地沿着良性循环的轨道运转。这样,水资源系统在协调和维持自然社会良性发展过程中,不仅起到二者联系的媒介作用,更重要的是提供了二者协调的必要条件,而且是不可替代的必要条件。

二、结构与功能

众所周知,水资源具有多种功能和用途。其中,水对自然界生命系统和非生命系统的作用是靠自然规律形成的;对人类社会生活、生产的多种用途是通过工程技术运作实现的。水的自然部分与人工部分的有机结合,便构成所谓的水资源系统。产生水资源多种功能的实质,则是系统结构与系统功能相互配合的结果。

系统结构是指系统各单元间相互联系、相互制约、相互作用的组成形式和关系。在水资源开发、利用和保护系统中,建筑物群体是系统的物质单元;系统设计方案,管理策略,人、财、物的组织管理等,则是概念性的单元,它们的相互联系构成了概念化的结构术语。系统功能是系统内部与外部相互关联和相互作用的结果,由系统结构和系统环境所决定。水资源系统的功能,一般以防洪、除涝、发电、灌溉、供水、航运和它们的综合利用目标来表示,进而也可用自然—社会系统综合最佳效用指标来表示。

水资源系统结构由三个有机部分或层次所组成:其一是水资源自然系统,由流域或区域的有关自然地理要素所形成;其二是水资源工程系统,由人类活动目的所创造的工程单元集所组成;其三是水资源管理系统,由实施水资源保护、利用所建立的组织机构和管理制度所构成。这三种部分的有机联系,便形成了系统的结构,从而决定着系统的整体功能。

水资源系统功能,随着社会发展和科技进步不断完善和拓展。迄今,其目的性功能基本有:一是以资源的形式用水兴利的功能,如居民与工业供水、灌溉、发电、航运、养殖、旅游等;二是以调节控制为手段的减灾除害的功能,如防洪、除涝、改良盐碱地、改善环境等;三是以工程和非工程的手段保护水质和水生态环境的功能等。现代的大型水资源系统功能已发展为具有兴利除害和保护环境的综合功能。

水资源系统结构与系统功能的关系,主要反映在两个方面:一是系统结构决定系统功能;二是系统功能反作用于系统结构。

（一）系统结构决定系统功能

水资源系统运转效应的好坏，取决于系统实体结构形式和组织管理技术的协调。如果系统内部没有形成一个好的结构，系统功能必将受到影响；当然，外部环境也对系统功能产生影响。

水资源系统像其他系统一样，系统结构形式呈现多级层次性或递阶性。层次不同，结构不同，系统总体和子属功能也不同；即系统结构形式相同，内部关系不同，功能也不相同。例如，流域水资源的综合利用与地区单项水资源利用，显然，层次、结构均不同，两个系统的功能当然大小迥异；又如，两个相似的综合利用水利枢纽，它们的结构形式（大都有大坝、水库、溢洪道、电站、船闸、取水口等设备）基本相同，但综合利用项目之间的重要性、目的性和组织管理技术不同，两个枢纽的总体功能肯定也不一样。

系统结构形式和方式虽不同，但可决定或实现相同的系统功能，这就是异构同功能。在水资源系统中，实现同一特定功能的任务，常常可有不少的替代措施和方案来完成。例如，城市污水处理，可利用分散处理和集中建污水处理厂等方式，还有其他许多方式，都可取得异曲同工之效。类似的例子是很多的。

（二）系统功能对系统结构的反作用

系统功能是系统中的一个活跃因素，易受系统内部和外部环境的影响，发生变化或拓展。而系统结构，特别是已建的系统结构，不易受外界的影响，可保持相对的稳定。但是，当系统功能发展或变化到一定的程度时，系统结构的部分或全部也不得不作相应的改变，以适应变化了的系统功能，在水资源系统中这种情况是屡见不鲜的。例如，我国 50、60 年代兴建的水利工程基本上是单一的为农业服务的，随着我国现代化建设和人口的发展，许多工程系统的功能，已逐渐转向为所有国民经济部门和人民生活服务了。这样，系统功能发生了变化，势必引起系统结构也随之部分或全部地改变。实践中看到的工程改建和扩建，甚至一般工程的岁修与大修等，都是调整和改变系统结构以适应功能改变的例子。

系统结构与系统功能的关系是结构决定功能、功能反作用于结构、二者互为影响的关系。一般说，系统结构比较稳定，而功能易受外界影响发生变化；一旦系统功能发生变化，必然反作用于结构，从而不断协调二者的匹配关系，使系统永远处于最佳状态。

从上面系统结构与系统功能关系的分析中，为使系统设计和系统运行满足人们的要求，可得到几点启发和借鉴：改变系统结构的部分组成或改变它们之间的相互关系，就可改变系统功能，若系统功能已定，采用不同的系统结构也能实现既定的目标或功能；当管理者发现系统结构已经影响系统功能的发挥和目标的实现时，改变或改进部分系统结构（包括物质的和非物质的），以适应系统功能的发展是十分必要的。所有这些也正是系统工程应用的基本目的。

第二节 水资源系统规划回顾与展望

水资源系统规划与环境影响评价工作在我国正规地开展已有一二十年的历史,对国民经济建设和社会发展起到了重要作用。近些年来人们也逐渐认识到环境与发展关系的重要性,在长江三峡工程和南水北调中线工程的规划论证中,对发展经济与环境保护给予了前所未有的高度重视。但是,由于这些规划与环评毕竟是在传统经济发展模型下发生和发展的,并未深入到社会经济与生态环境相互协调、持续发展的层面上,其论证结果是无法避免经济制约型的烙印的。本节任务是构思新型水资源开发规划与相应的环境评价骨架,并试图研究满足可持续发展的经济评价模型和方法。

“水利”和“水利规划”是我国特有的概念。水利是指“采取各种人工措施对自然界的水进行控制、调节、治导、开发、管理和保护,以减轻和免除水旱灾害,并利用水资源,适应人类生产,满足人类生活需要的活动”(《中国水利百科全书》,1991)。水利规划则是“在一定区域内,为开发利用水资源、防治水旱灾害而制定的总体措施安排”(《中国水利百科全书》,1991)。水利一词最早见于《吕氏春秋·孝行览·长政》:“以其徒属崛地财,取水利,编蒲苇,结罾网”,但这里的“取水利”仅指捕鱼之利。西汉司马迁在《史记·河渠书》中写道“甚哉,水之为利害也”,“自是之后,用事者争言水利”,并提到水利的内容有“穿渠”、“溉田”、“堵口”,这是中国历史上首次给予“水利”一词以兴利除害的完整概念。从此,在我国便沿用“水利”这一术语。1934年中国水利工程学会第三届年会的决议提出:“水利范围应包括防洪、排水、灌溉、水力、水道、给水、污渠、港工八种工程在内”。这是近代中国对水利一词所包含内容的概括,这时的水利以各种工程和设施的建设为主。1999年,中国水利学会第七次全国会员代表大会上明确提出了“资源水利”的概念,强调工程措施和非工程措施的共同使用,实现水资源综合利用与保护,强化水资源与国民经济的结合,赋予了传统“水利”概念以新的内涵。

狭义的水资源规划可以认为是水利规划的重要组成部分,主要是指基于水量和水质的综合开发利用而进行的水资源评价、供需平衡分析、水量科学分配、水资源高效利用、水质和生态环境保护等方面的计划安排。但在欧、美等国家中,并没有与“水利”和“水利规划”相对应的恰当的词汇,他们对水资源规划的理解几乎扩大到与水资源有关的各方面,从广义上看也就等同于我国的水利规划。在本书中,我们统一称为水资源规划,取其广义的理解。

一、我国水资源规划的发展历程

我国水资源规划管理的历史可以追溯到春秋战国时期。邗沟、鸿沟、都江堰等重要水利工程的兴建体现了早期人们根据需要,利用工程措施统一规划、调度水资源的思想。秦

代“决通川防，夷去险阻”，统一整治黄河下游各段堤防，体现了全面规划原则，是规划思想上的重大进展。随着各种用水、治水、管水实践的深入展开，水资源规划管理的范围、内容也不断扩大，逐渐向全面性、综合性发展。但总的说来，早期的水资源规划管理还是不系统的，规划资料不完备，规划理论、方法也远未成熟。与世界上其他国家一样，我国的水资源规划管理也是直到20世纪30年代，在数学等其他基础科学取得长足发展的基础上才进入了有科学理论指导、有先进技术支撑的新时期。

1949年到20世纪50年代末

我国各大江河都进行了充足的规划前期准备工作，整编了过去的水文资料，开展了水文测验、增设了测站，进行了流域水文的初步分析，并进行了一些地形测量、地质勘探、土壤调查和流域内某些区域、某些河段的勘察工作。在此基础上，开展了第一轮较为全面的流域水资源规划，并取得了一批重要的规划成果。黄河规划委员会于1954年提出《黄河综合利用规划技术经济报告》；原治淮委员会于1956年提出《淮河流域规划报告》、1957年提出《沂沭泗河流域规划报告》；长江流域规划办公室于1956年提出《汉江流域规划要点报告》、1958年提出《长江流域综合利用规划要点报告》；原北京勘测设计院于1957年提出《海河流域规划报告》、1958年提出《滦河流域规划报告》；原沈阳勘测设计院于1958年提出《辽河流域规划要点报告》；原珠江水利委员会于1959年提出《珠江流域开发与治理方案研究报告》；原哈尔滨勘测设计院于1959年提出《松花江流域规划报告（草案）》。同时对重要的中小河流也进行了大量的规划工作。这一阶段的水资源规划目标主要以江河治理、防治灾害为主。

20世纪60年代初到70年代末

在前一阶段编制的流域综合规划的基础上，本阶段转入了进行近期方案和其中某些项目的工程规划，并进一步进行了某些支流、某些河段或某些专业的补充规划。如海河在1963年发生特大洪水后，及时对原规划做了补充修订，提出了《海河流域防洪规划报告》；淮河于60年代末也对原规划做了补充修订，于70年代初提出《治淮规划报告》。这一时期，由于对工业和农业改造的加快，水资源开发利用程度大大提高，相应地，水资源规划的目标、思路和内容也在防治灾害为主的基础上加强了水资源综合利用的内容，以开发利用结合兴利除害，强调水资源为经济社会的发展服务。但在这一阶段，由于受到外界因素的影响，一些地方规划力量有所削弱，基本资料的积累和研究分析不够，规划成果不同程度地存在着脱离实际、急于求成、盲目追求新建工程、不讲究经济效益以及规划缺乏法定约束力等弊端。

20世纪80年代初到80年代末

这是我国经济体制转变的重要时期。随着经济的发展，水资源紧缺和水污染问题日渐突出，水利的服务对象则从以农业为主逐步向为国民经济全方位服务转变。《水法》（1988年）、《河道管理条例》（1988年）、《水污染防治法》（1984年）等一系列法律、法规的出台，使水资源管理工作逐步走上了法制轨道。为适应新的形势，各流域在这一时期开展了第二轮较为系统的水资源规划。在规划思路和规划方法上也有了重大进展，强调把提高经济效益放在首位，同时也注意社会、环境的目标要求，加强水资源规划的综合性与国土整治之间的协调。这一时期进行了一项重要的工作，即展开了第一次全国水资源

评价和水资源利用规划的编制。

20 世纪 90 年代初至今

随着社会经济高速发展和人民生活水平的提高,水资源短缺和水环境恶化的问题日益严峻,甚至成为我国经济社会发展的严重制约。而“可持续发展”思想的深入人心,使人们对江河防洪保安、水资源开发和综合利用、生态环境保护的要求也越来越高。水资源规划变得更为复杂,逐步从过去的工程规划为主向资源规划转变,规划工作中同时强调水利工程建设与管理制度创新,规划内容包括水资源的开发、利用、治理、配置、节约、保护和管理等各个方面,更加重视经济社会的可持续发展和生态环境的保护与改善。2002 年,新一轮的全国水资源综合规划工作全面启动,对摸清我国水资源家底、准确评价我国水资源条件和特点、解决水资源问题、科学管理水资源具有重要意义。南水北调工程总体规划也于 2002 年完成,是指导南水北调这项浩大工程科学、顺利展开的基础。

二、我国水资源规划面临的问题与发展趋势

(一) 存在的主要问题

新中国成立以来,我国一直十分重视水资源规划管理工作,各大流域都先后进行了多次综合规划和专项规划的编制,为其他管理活动的展开奠定了良好的规划基础。但我国的水资源规划管理工作也存在一些问题。

1. 规划执行不力

尽管新水法用单独一章对水资源规划的各个方面做了详细的规定,大大提高了水资源规划的法律地位,但在实际工作中,规划执行不力的现象仍普遍存在,使规划难以发挥应有的作用。其原因一是存在认识上的偏差,在各级领导和群众中未能树立规划管理的权威性,甚至只是将已编制的规划作为研究报告而束之高阁;二是管理机制不完善,规划责任分配不明确,缺乏必要的监督保障体系,从而影响了规划的执行。

2. 规划数量繁多但体系不完善

建国以来,在流域层次、地方层次已编制了相当多的水资源规划。问题主要在于不同层次、不同内容的规划之间关系较为零乱,既有相互重复的地方,同时也有尚未覆盖到的领域,没能形成一个层次清晰、分工明确的体系。就现有规划而言,工程规划多,资源规划少;专项规划多,综合规划少;指导性规划多,强制性规划少;地方规划多,全国性规划少,尤其是缺乏一个对各类规划具有指导意义的全国性基础规划,正在开展的第二次全国水资源综合规划编制工作能够弥补这一不足。

3. 规划前瞻性差

规划管理之所以在水资源管理体系中占有重要地位,主要原因就在于其对未来工作的前瞻性安排。但目前我国水资源规划的前瞻性较差,对未来水资源条件、社会经济发展趋势、政治环境等内、外部因素的变化估计不足,导致制定的规划经常需要变动修改,影响了政策的延续性。影响规划前瞻性的因素也是多方面的,包括对现状信息掌握得不够细致全面、规划手段和方法落后、规划和决策人员本身认识的不足等。

(二) 我国水资源规划管理发展趋势

用水部门的不断增加,水质、水量问题的日趋严峻,水资源系统在外延和内涵上的拓

展,尤其是可持续发展思想在理论和实践中的日益深入,都对水资源规划管理提出了新的挑战。针对这些新的变化和目前存在的问题,我国水资源规划管理的发展趋势表现在以下几个方面。

1. 整合现有规划,加强综合规划的编制

应对现有层次、数量众多的规划进行系统整合,建立以全国水资源综合规划—大江、大河流域规划—地区规划—专项规划为基础的规划体系,尽量避免规划的重复性和不同规划之间的矛盾。尤其要加强综合规划的编制,在规划中考虑水质和水量、地表水和地下水、城市用水和农村用水、流域上下游和左右岸用水、水资源和其他自然资源的协调统一,以及工程措施和非工程措施的共同使用,将与水资源有关的各方面视为整体来研究,为各种专项规划的编制奠定基础。

2. 规划立足点从短期经济利益向可持续战略转变

过去以大量消耗水资源来追求经济效益最大的水资源规划,带来了水资源紧缺、水生态环境恶化等问题。可持续发展思想的提出和深入发展极大地促进了水资源规划立足点的改变,进而使规划目标、原则、评价标准等各方面都发生了变化。

3. 加强基础学科的研究和新技术的应用

对流域或区域水文条件、自然环境等的分析、预测是水资源规划管理的基础,因此应加强水文学、生态学等基础学科的研究。“3S”技术、决策支持系统等新技术的发展,为提高水资源规划管理的科学性和管理效率提供了更好的技术支撑,应加快其在水资源领域的推广应用。

4. 重视公众参与规划管理工作

改变过去只由领导、专家做规划的局面,促进公众参与水资源规划管理工作,尤其应给予社会弱势群体发言的机会。公众参与不仅有助于提高全社会普遍的水资源保护意识,有助于在一定程度上避免规划决策中的片面和不公平现象,还有助于规划的顺利实施。

第三节 水资源规划的原则

可持续发展理论的实质是强调资源利用、经济增长、环境保护和社会发展必须协调一致,既满足当代人的需要,又不损害后代人满足需求的能力。这就要求社会、经济和环境资源能够永续地发展下去,保证世代代的社会进步。作为社会经济和环境资源协同发展重要支柱的水资源规划与管理,也必须以可持续发展理论为基础,在从宏观到微观的不同层次上审视和规划整个水资源系统中的各种问题,从而为社会、经济、环境可持续发展提供前期保障。

从上述要求出发审视现行水资源规划的不足,发现主要问题与上节环境影响评价存在的问题基本一样。现行的水资源规划与管理虽然已考虑了环境保护与污染防治问题,但仍

未脱离经济制约型的规划范畴，即规划仍以发展经济为主，对环境影响的重视仅以可接受的程度为限；而非致力于经济、环境的协调和经济、环境持续发展能力增强的协调型规划。因此要将现行的经济型规划转变为协调型的水资源规划与管理，其指导思想、理论基础、原则与方法以及技术手段等诸多方面均需进一步扩展和改进，以适应可持续发展模式的要求。

保护环境发展经济，建立一个持续进步的社会乃是人类的最大幸福。可持续发展的根本目的是改善人民的生活质量，经济增长则是发展的基本手段。为此，人类要承担义务，遵守可持续发展原则，这是非常必要的。有关可持续发展原则，众说不一，但大同小异。我们认为，下列诸项是最主要的：

一、转变观念建立新的伦理道德

这里的核心是处理好人与自然之间、人与人之间的和谐关系。人是自然的一部分，不是自然的“征服者”、“驾驭者”，而是自然的保护者和享受者；不能采用“竭泽而渔”或“寅食卯粮”的行为，只向自然索取，而要自立自律、互助互补，遵守自然法则约束。人与人之间、当代人与后代人之间，要明确“只有一个地球”、“明天与今天同等重要”，要互惠互济、共建共享、平等发展，不能以邻为壑、你夺我抢，要和平共处、互商互谅，调整人与人的和谐关系。这条基本原则是以下诸条原则的道德基础，虽不能要求现时的人与人、国与国一时做到，但人类要持续生存和发展，起码要转变人与自然、人与人之间关系的传统观念。

二、改进完善与建立一切不适应环境与发展的制度和措施

不论什么社会制度，要想实现环境与经济的持续发展，都需要信息和知识基础、完整的法律和制度、一贯的经济与社会发展政策和管理机构、机制等；并且要采取可能的各种措施：行政的、经济的、技术的，不断调整、改进或建立有利持续发展的灵活运转的机制，发挥持续效益对人民生活质量提高的作用。为此，应将地区的生活生产、环境保护和资源利用作为一个系统来对待，充分考虑自然—经济—社会的相互联系和相互影响关系；进行持续发展的全面教育，培养支持持续发展的人材和能力；建立全国性的和国际性的合作等，实现可持续发展的远大目标。

三、人类和其他物种生存的基础——地球的生命力和多样性

可持续发展的基点是建立在保护资源和利用资源的基础上，所以要保持自然系统的结构、功能和多样性不受侵害。只有保护生命支持系统——健康的生态过程，生命才能在地球上生存。其中的重要一环是保护生物地质化学循环（Biogeochemical Cycle），即气体循环、水循环和沉积循环的正常运转，维持生态系统自身的恢复再生条件。要保护生物的多样性，不仅要保护所有的动、植物和其他有机物种，而且还要保护个个物种的遗传基因和生态系统的多样性，保障生命活力和进化。这条原则是持续利用环境和资源的源泉，是可持续发展的根本支柱。

四、人类的一切活动限制在地球承载能力之内

自然生态系统的承载能力是有一定限度的。所谓承载能力是指一定区域内（地球、国家、地区）生态系统向人类提供的资源和同化废弃物的能力。整个生物圈和特定的生态系统受到人类活动的一定冲击会发生严重的影响和退化，其承载极限每个地域不同，影响程度也因人口、食物、水、能源和原料使用量与废弃量以及科技管理水平而异。人们应通过科学管理，提高自然界的承受力，同时还应该制定人口、环境、发展与自然承载能力相适应的政策。

自然资源分再生资源与非再生资源，它们都有自己的承受极限。对于再生资源的使用量和速度，应维持在它们恢复更新或再生能力之内；对于非再生资源的消耗应降低到最低程度，或通过循环利用、采用代用品等延长它们的“寿命”。

水资源持续利用的规划管理指导思想应以开发资源、增长经济、保护环境和发展社会这四方面的协调为准绳，以可持续发展为目的，维持全社会的不断进步与发展。水资源利用和环境保护是生态经济系统的组成部分，其规划和管理需以生态经济系统理论为基础，以生态、经济规律为指导，在开发利用资源、环境，满足社会、经济发展需要的同时，必须保证生态环境的良性循环和发展。

水资源持续利用的规划与管理旨在支持生态环境与经济社会的协调，持续发展，并使自身得以永续地利用，因此遵循可持续发展原则；同时结合本身的规划管理特点，还要遵循下列几点主要原则：

（1）流域或地区的整体规划和整体管理方案的选择应以生态环境与经济社会相协调，并能持续发展下去和经济、社会、环境综合效益最佳为原则。

（2）水利枢纽、坝址、水库等主干工程的选择与设计同样应遵守可持续性强、社会接受、生态良好、经济合理、技术可行的原则。其中，考虑人类长远利益，生态环境持续发展的重要性将愈来愈占有突出的地位。

（3）因地制宜统筹兼顾原则。水资源的时空特性非常突出，水资源持续利用的规划必须因地制宜，开发与治灾兼顾，重点与一般统筹，实事求是地全面规划，综合利用环境与资源，促进经济社会的持续发展。

以上的几条原则是密切相关、相互支持的，是水资源、环境持续利用规划与管理必须认真考虑和遵循的。

就现行的水资源规划与管理的准则而言，主要考虑的是：

（1）经济效益（Economic Benefit）。经济效益，是目前水资源规划与管理所追求的首要目标之一，有时，甚至是在满足约束条件下的惟一目标。通常的做法是将水资源分配量作为决策变量，以水资源带来的经济效益为目标函数，其他条件作为约束，建立优化模型，从而得到最优决策方案。因此，追求经济效益就成为现行水资源管理的准则之一。

（2）技术效率（Technical Efficiency）。技术上可行、效率较高，是现行水资源管理的另一个准则。它要求选定的水资源管理方案，在技术上是可行的，并且使用效率较高。如果技术不可行，再好的方案也是不可取的；另外，如果技术上需要很大的代价才能实现，也就是说，使用效率不高时，这样的水资源管理方案也是很难实施的。

(3) 实施的可靠性 (Performance Reliability)。由于水资源系统广泛存在着内在的、外在的影响因素, 在制定水资源管理方案和实施水资源管理措施时, 要分析实施的可靠性。尽可能抓住影响实施的主要因素, 分析实施的可靠性, 寻找有效的对策以保证具体方案的实施。

这些行为准则尽管仍然被现行水资源管理所应用, 但是, 就现状而言, 已经不能满足可持续发展目标下的水资源管理的要求, 迫切需要逐步转变到新的行为准则。这就是后面章节将要介绍的可持续发展新的准则问题。

第四节 水资源系统规划

一、水资源规划的类型

(一) 专门水资源规划

专门水资源规划是以流域或地区某一专门任务为对象或某一行业所做的水资源规划。比如, 防洪规划、水力发电规划、灌溉规划、城市供水规划、水资源保护规划、航运规划以及某一重大水利工程规划 (如三峡工程规划、小浪底工程规划) 等。这类规划针对性比较强, 就是针对某一专门问题; 但在规划时, 不能仅盯住要谈论的专门问题, 还要考虑对区域或流域的影响以及区域或流域水资源利用总体战略。

(二) 跨流域水资源规划

跨流域水资源规划是以一个以上的流域为对象、以跨流域调水为目的的水资源规划。如, 为“南水北调”工程实施进行的水资源规划, 为“引黄济青”、“引青济秦”工程实施进行的水资源规划。跨流域调水, 涉及到多个流域的社会经济发展、水资源利用和生态环境保护等问题。因此, 其规划考虑的问题要比单个流域规划更广泛、更深入, 需要探讨由于水资源的再分配可能对各个流域带来的社会经济影响、生态环境影响, 也要探讨水资源利用的可持续性以及对子孙后代的影响及相应对策。

(三) 地区水资源规划

地区水资源规划是以行政区或经济区、工程影响区为对象的水资源规划。其研究的内容基本与流域水资源规划相近, 其规划的重点视具体的区域和水资源功能的不同而有所侧重。比如, 有些地区是洪灾多发区, 水资源规划应以防洪排水为重点; 有些地区是缺水的干旱区, 则水资源规划应以水资源合理配置、节水与水资源科学管理具体途径为重点。在做地区水资源规划时, 既要重点放在本地区, 同时又要兼顾更大范围或流域的水资源总体规划, 不能只顾当地局部利益而不顾整体利益。

（四）流域水资源规划

流域水资源规划是以整个江河流域为对象的水资源规划，也常称为流域规划。包括大型江河流域的水资源规划和中小型河流流域的水资源规划。其研究的区域一般是按照地表水系空间地理位置划分的，以流域分水岭为研究水资源的系统边界。内容涉及国民经济发展、地区开发、自然资源与环境保护、社会福利与人民生活提高，以及其他与水资源有关的问题，研究的对策一般包括防洪、灌溉、排涝、发电、航运、供水、养殖、旅游、水环境保护、水土保持等内容。针对不同的流域规划，其规划的侧重点也有所不同。比如，黄河流域规划的重点之一是水土保持；淮河流域规划的重点之一是水资源保护规划；塔里木河流域规划的重点之一是生态环境保护规划。关于江河流域规划，水利部出台了 SL201—97《江河流域规划编制规范》，可供参考。

二、水资源优化配置

（一）优化配置

水资源的分配问题，一直是水资源开发利用的一个关键环节。人们在生产实践过程中已积累了许多宝贵的经验，尤其是现代科学技术的广泛应用，为水资源的科学分配提供技术支撑。其中，水资源优化配置就是随着系统工程理论在水资源学上的应用而发展起来的一种十分有效的技术方法。

水资源优化配置的概念是在一定的社会经济条件及水资源问题出现的背景下提出的。

一方面，随着人口增长、社会经济发展，出现了有限水资源与不断增加的需水量之间的尖锐矛盾。在很多国家和地区，水资源短缺已成为制约社会经济发展的主要因素。这就迫使人们寻找水资源的最佳分配，以实现有限水资源发挥最大效益的愿望。这是开展水资源优化配置研究的前提条件和原动力。

另一方面，正是由于水资源短缺，使得水资源在用水行业、用水部门、用水地区、用水时间上存在客观的竞争现象，而对于这种现象的不同解决方案（即配水方案）将导致不同的社会效益、经济效益以及环境效益。这就为选择最佳效益的配水方案提供了可能。这是开展水资源优化配置研究的基础条件。

再一方面，随着系统工程理论方法的出现及不断发展，为解决复杂水资源系统优化问题提供了技术支撑。

实际上，关于水资源优化配置的概念由来已久，但是，解决水资源问题的作用并不像人们想象的那样大。原因有多方面：一方面，水资源优化配置理论的应用还不广泛，即使有些流域已经应用，但在实际制定规划方案时，并未完全体现；另一方面，水资源优化配置模型体现的指导思想在水资源规划方面还存在着问题，这主要是由于水资源优化配置模型实际上是水资源规划思想的一种具体体现。特别是，在建立水资源优化配置模型时，没有充分考虑社会—经济—水资源—环境的协调发展，即可持续发展的思想。这主要是由于人类对可持续发展思想的认识、理解和普遍接受也就是最近二十年来的事。因此，如何保证社会—经济—水资源—环境协调发展，以使社会、经济、环境综合效益最大，就成为面向可持续发展的水资源优化配置理论的研究目标。

面向可持续发展的水资源优化配置,是以可持续发展为指导,利用系统科学方法、决策理论和先进的计算机技术,将流域水资源进行最优化分配,从而获得最大的社会、经济、环境综合效益。

水资源优化配置的最终目的是实现水资源可持续利用,这也正是其重要意义所在。具体地讲,则是通过水资源的优化配置来协调各种用水竞争,促进水资源合理高效利用,保证社会、经济、资源和环境的协调发展。但实际上,水资源优化配置的意义和作用在解决现有水资源问题上尚未得到显著体现。这有三方面的原因;一是水资源优化配置受到重视程度不够,或者在水资源规划中没能得到体现,或者制定的配置方案得不到有力的贯彻执行;二是由于实际水资源问题的复杂性,目前的优化配置技术方法和模型远不够完善;三是当经济目标、社会目标、生态环境目标间出现矛盾时,如何进行决选择在很大程度上依赖于决策者的主观价值取向,而决策者如果过于偏好短期经济利益,势必造成生态环境用水被挤占,影响水资源的可持续利用。

(二) 数学模型

数学模型的建立和求解是水资源系统分析中最重要的技术环节,属于系统科学体系中技术科学层次的运筹学范畴,是采用数学语言来抽象描述真实的水资源系统,以便对系统的目标、结构、功能等特征量进行定量分析。按照不同的分类标准,数学模型可以分为多种类型:如按所用的方法可分为模拟模型和最优化模型;按时间因素是否作为变量考虑可分为静态模型和动态模型;按未来水文情况是已知或作为未知随机因素可分为确定性模型和随机模型等。最常用的还是分为模拟模型和优化模型两大类。

1. 模拟模型和最优化模型

模拟模型就是模仿系统的真实情况而建立的模型,主要帮助解决“如果这样,将会怎样”一类的问题。在水资源系统分析研究中可以仿造水资源系统的实际情况,利用计算机模型(或称模拟程序)模仿水资源系统的各种活动,如水文循环过程、洪水过程、水资源分配、利用途径等,为决策提供依据。

尽管模拟模型适应性广,但对于方案寻优决策而言,要靠枚举进行方案比选,效率较低。因此,对于给定规划目标,寻找实现目标的最优途径的水资源规划管理更常用的最优化模型。最优化模型是用来解决“期望这样,应该怎样”一类问题的有效方法。在水资源规划管理中,最优化模型可以帮助人们定量选择或确定水资源系统开发方案、管理策略。

无论哪种数学模型都会对真实系统进行简化,只是表达真实系统最主要的性质和特征。由于水资源规划目标和任务的多样性,常常不能仅依靠单一的数学模型,而是使用一组相互连接的模型。几个模型如何连接要根据问题的特性专门研究。

2. 常用最优化模型简介

水资源规划中常用的最优化模型有线性规划模型、非线性规划模型、动态规划模型、多目标规划模型等。这里将对这几种模型做简单介绍,至于详细的建模方法和计算方法可查阅有关“运筹学”书籍。

(1) 线性规划模型

线性规划模型包括目标函数和约束条件两大部分,作用是在满足给定的约束条件下使