

水资源综合规划

主编 唐德善 王 锋
主审 周之豪

江西高校出版社

40

TV21

5

责任编辑：周先录

封面设计：傅国平

ISBN 7-81033-458-1



9 787810 334587

ISBN7—810033—458—1

X·2定价：11.80元

高等学校教材

水资源综合规划

主 编：唐德善 王 锋

主 审：周之豪

江西高校出版社

(赣)新登字第 007 号

书 名:水资源综合规划
作 者:唐德善 王 锋
出 版:江西高校出版社(南昌市洪都北大道 16 号)
发 行:
经 销:
印 刷:江西省人民政府印刷厂
开 本:1/16
印 张:11.5
字 数:280 千字
版 次:1995 年元月第 1 版第 1 次印刷
定 价:11.80 元
ISBN 7—81033—458—1/X·2

邮政编码:330046 电话:331257、332093
(江西高校版图书凡属印刷、装订错误,请随时向承印厂调换)

前 言

水资源综合规划是合理开发利用和保护水资源,防治水害而制定的总体安排,它包括防洪、治涝、灌溉、供水、水电、水运、渔业、水土保持、地下水、生态环境等专业规划及总体综合效益的最佳协调。水资源综合规划既受到社会、经济、环境及政策的影响和限制,又要从全社会角度协调各部门之间的利益和矛盾,涉及的范围很广,内容丰富且复杂多变。对水资源综合规划的理论、方法及程序进行全面、系统的论述,迄今尚少可供一般参考的文献。本书对此进行研究,注重规划的观点、原则、方法、理论及程序的论述;以通俗易懂的实例阐述规划的基本理论、基本方法和实用技能;重视应用电脑解决规划中的复杂问题。因此,本书在体裁上与以往的文獻有较大差异,若干内容及观点,在国内亦系首次提出。

为了增强此书的通用性,书中包括了“水利水电(能)规划”的基本内容,既有水资源的总体规划,又有针对各部门的专业性规划;既有基本原理和方法的通俗讲述,又有水资源规划的新技术、新方法的应用。全书在重点讲授防洪、灌溉、水电、地下水等专业规划的基础上,介绍了治涝、供水、航运、渔业、水土保持、生态环境等专业规划的制定方法、规划要点及规划程序;论述了效益、费用的计算方法和经济分析的基本内容;并阐述了如何从系统综合效益最大角度协调各水利部门之间的矛盾,从而选择出最佳的综合规划方案。书中包括的内容丰富,对不同学校、不同专业、不同读者有可供选择的余地,对第二篇专业规划的内容可按实际需要选择。

本书由河海大学唐德善、南昌水利水电高等专科学校王锋共同主编,各章编写人为:绪论,第七、九、十一、十二章、附录均为唐德善编写,第一、二、四章为王锋编写,第三、五、六、八章为唐德善、王锋共同编写,第十章由华北水利水电学院苏万益编写。此书是他们长期从事水资源规划及利用教学、科研工作的经验总结。

本书由中国水力发电工程学会水能规划及动能经济专业委员会副主任委员、河海大学水电系周之豪教授主审。周之豪教授对本书的编写提出了许多建设性建议,奉献了他几十年教学和规划研究方面的经验及成果。南昌大学胡振鹏教授对本书也曾给予大力支持和帮助。编者表示衷心感谢。

本书虽是新编,但编写时认真研究和考虑引用了有关院校的教材以及国内外的有关专著(见参考文献),编者均表示衷心的感谢。此外,还要感谢向编者提供帮助、提出意见和建议以及关心此书编写、出版的所有同志。

对于书中的不足之处,恳请广大读者批评指正,提出改进意见,以便今后进一步提高此书的质量。来信请寄南京市(210098)河海大学水力发电工程系或南昌水利水电高等专科学校工程系(330029)。

编者

1994年12月

目 录

前言

诸论	(1)
----------	-----

第一篇 水资源规划基础	(3)
-------------------	-----

第一章 水资源	(3)
---------------	-----

§ 1.1 水资源及其特性	(3)
---------------------	-----

§ 1.2 我国水资源的特点	(4)
----------------------	-----

§ 1.3 水利事业	(5)
------------------	-----

§ 1.4 水资源技术	(7)
-------------------	-----

第二章 水资源开发利用	(9)
-------------------	-----

§ 2.1 我国水资源开发利用现状	(9)
-------------------------	-----

§ 2.2 水资源开发利用的原则	(11)
------------------------	------

§ 2.3 水资源开发利用的前提和战略目标	(13)
-----------------------------	------

§ 2.4 水资源综合利用	(14)
---------------------	------

第三章 水资源计划及规划	(16)
--------------------	------

§ 3.1 水资源计划与经济建设	(16)
------------------------	------

§ 3.2 最佳计划与规划活动	(16)
-----------------------	------

§ 3.3 水资源规划的任务及作用	(17)
-------------------------	------

§ 3.4 水资源规划的类型及管理权限	(19)
---------------------------	------

§ 3.5 水资源规划的制定与实施	(20)
-------------------------	------

§ 3.6 规划和基本资料	(20)
---------------------	------

§ 3.7 水资源规划报告的编写	(22)
------------------------	------

第四章 径流调节	(23)
----------------	------

§ 4.1 水库特性	(23)
------------------	------

§ 4.2 兴利调节类型	(30)
--------------------	------

§ 4.3 设计保证率	(32)
-------------------	------

§ 4.4 设计代表期	(34)
-------------------	------

§ 4.5 径流调节计算原理	(36)
----------------------	------

第二篇 水资源规划组成	(38)
-------------------	------

第五章 防洪规划	(38)
----------------	------

§ 5.1 洪水灾害的成因及防洪措施	(38)
--------------------------	------

§ 5.2 水库的调洪计算	(40)
---------------------	------

§ 5.3 水库调洪计算的列表试算法	(43)
--------------------------	------

§ 5.4 水库调洪计算的电算法	(46)
------------------------	------

§ 5.5 防洪规划的程序	(50)
---------------------	------

第六章 灌溉规划	(51)
----------------	------

§ 6.1	灌溉系统·····	(51)
§ 6.2	灌溉制度·····	(53)
§ 6.3	灌溉用水量计算·····	(55)
§ 6.4	水库兴利调节计算·····	(56)
§ 6.5	渠道灌溉系统规划·····	(62)
§ 6.6	灌溉规划程序·····	(67)
第七章	水能规划 ·····	(68)
§ 7.1	水力发电原理及开发方式·····	(68)
§ 7.2	水能计算·····	(71)
§ 7.3	电力系统·····	(75)
§ 7.4	水电站装机容量选择·····	(81)
§ 7.5	水电站正常蓄水位及死水位的选择·····	(91)
§ 7.6	水能规划程序·····	(95)
第八章	其它方面规划 ·····	(97)
§ 8.1	内河航运规划·····	(97)
§ 8.2	水污染防治规划·····	(98)
§ 8.3	水土保持规划·····	(99)
§ 8.4	治涝规划·····	(99)
§ 8.5	公共给水规划 ·····	(100)
§ 8.6	施工规划 ·····	(100)
§ 8.7	营运规划 ·····	(101)
第九章	河流综合利用规划 ·····	(103)
§ 9.1	河流综合利用规划的基本内容和原则 ·····	(103)
§ 9.2	综合利用规划方案的拟定 ·····	(105)
§ 9.3	水库群的水利计算 ·····	(108)
§ 9.4	较优方案的选择 ·····	(114)
§ 9.5	近期工程选择 ·····	(116)
第十章	地下水资源利用与管理 ·····	(117)
§ 10.1	概述·····	(117)
§ 10.2	地下水资源计算与评价·····	(121)
§ 10.3	地下水资源的开发利用·····	(124)
§ 10.4	地下水资源的保护与管理·····	(129)
第三篇	水资源规划的经济分析及协调 ·····	(135)
第十一章	水资源规划的经济分析 ·····	(135)
§ 11.1	经济分析的原则和资料·····	(135)
§ 11.2	费用计算·····	(136)
§ 11.3	水利工程效益计算·····	(138)
§ 11.4	资金的时间价值计算·····	(147)
§ 11.5	经济分析及方案选择·····	(148)

§ 11.6 经济分析的步骤.....	(151)
§ 11.7 财务分析简介.....	(151)
第十二章 水资源规划的协调.....	(153)
§ 12.1 规划的可行性及配合措施.....	(153)
§ 12.2 水利部门与有关部门的协调.....	(154)
§ 12.3 水资源规划的社会因素.....	(155)
§ 12.4 综合利用水利工程协调.....	(155)
§ 12.5 综合利用水利工程的投資分攤.....	(157)
附录 1. 可行性规划报告內容示例	(160)
附录 2. 淡水河防洪治本计划书(目录)	(162)
附录 3. 美国东南部流域土地及水资源开发计划(目录)	(162)
附录 4. 美国山費立普计划(目录)	(163)
附录 5. 等流量调节水能计算程序	(164)
附录 6. 等出力调节水能计算程序	(168)
附录 7. 年调节水电站最大工作容量计算程序	(171)
附录 8. 内部回收率计算程序	(175)
主要参考文献.....	(178)

绪 论

0.1 本书目标

广义地说,水资源即自然界所有的水(包括气态、固态和液态三种形式)。水是人类最必须的资源之一,无论饮食、清洁卫生、航运、发电、工业生产、农业灌溉等无一不需要水。然而地球上的水在时间与空间上分布不如人意,水少成旱,轻则造成不便或减产,重则引起饥荒;水太多又造成洪涝灾害,也同样使人类蒙受生命和财产的损失。故改变水在时间和空间上的不利分布,使其适合人类的需要是人们渴望实现的目标,也是水利工作者以及本书要实现的目标。

我国历代对于水利一向很重视,水利事业的兴衰与朝代的繁荣、稳定密切相关。大禹治水为水利事业的最早记载,其后李冰父子兴建了举世闻名的四川都江堰,隋朝开凿了纵贯南北的大运河,历朝的整治黄河及近代李仪祉的发展西北灌溉水利等,对民生皆有重大的影响。正如周恩来总理所说:“把水的事情办好了,功不在禹下。”

0.2 本书的主要内容

本书的主要内容是根据国民经济发展的实际需要以及水资源的客观情况,研究如何经济合理地综合治理河流、综合开发水资源,确定水利水电工程的开发方式、开发规模和可以获得的综合效益以及拟订水利水电工程的合理运用方式等。为叙述清楚,以三篇十二章的篇幅对水资源规划的有关内容进行了论述,第一篇(1~4章)讲述水资源规划的基本知识,基本理论和基本计算方法;第二篇(5~10章)论述水资源综合规划的组成要素——专业规划;第三篇(11~12章)讲解各规划方案效益、费用的计算、经济分析方法以及最佳综合规划方案的选择。

在编著过程中,作者力求做到:

0.2.1 重视基本概念、基本理论和基本方法。用通俗易懂的语言解释概念和讲解理论,由浅入深,并以易于理解的实例说明理论和方法。

0.2.2 重视应用电子计算机解决实际问题。读者在掌握本书基本知识、基本理论和基本方法的基础上,可应用书中的源程序或自己编制实用程序求解水资源规划中的问题,附录5~8列出了水资源规划中常用的电算源程序。

0.2.3 重视水资源规划的系统性。以防洪规划、灌溉规划和水能规划为重点,通过解剖麻雀,阐明了除水害,兴水利规划的特点、方法与程序,有理论有实例,易于掌握。对其它个别规划的特色和程序也作了相应说明,并对地下水资源进行了专门研究。既有水资源的总体规划,又有针对各部门的专业性规划;既有重点内容的详细阐述,又有一般内容的要点说明。保证了水资源规划的系统性,有助于读者全面地、系统地进行水资源综合规划。

0.2.4 重视所述内容的实用性。结合我国国情,有关内容参照《水法》、《水利建设项目经济评价规范 SL72-94》等最新法规编写,具有可操作性。附录1~4列出了国内外编制水资源规划报告的程序和章节目录,具有实用性。

0.3 本书的主要任务

水资源综合规划之目的,是对水的控制、开发、利用、保护、分配、管理等活动进行全面安排,寻求总体上圆满可行、经济上合适有利、实施中所遇到的重要问题能够解决的最佳综合规划方案。本书的主要任务是:使读者掌握水资源规划的基本知识、基本理论和基本的分析计算

方法,培养读者应用介绍的理论和方法分析问题解决实际问题的能力。对水利水电类专业的学生,对从事水资源开发利用规划、设计、施工和管理的工程技术人员来说,掌握水资源规划的基本知识是很需要的。本书可作为水利水电院校有关专业的教材,亦可作为研究生、工程技术人员及有关人员的参考书。

因为水资源规划的内容与实际联系密切,涉及面广、头绪繁多,对初学者来说,往往感到知识另散,多而杂,前后联系困难,不易系统地连贯起来。为此,本书在章节安排上尽量相互照应,并编串了系统的算例,既有手算的成果,又有电算成果,读者在搞清书中所述基本思路的基础上,通过上机调试程序,可验证所学知识,巩固所学方法,增强电算技能,培养分析问题和解决问题的能力。

由于重视系统性和普遍适用性,故书中内容较多,各专业可根据实际情况适当精简某些章节,如对北方地区,水资源紧缺,重点应研究灌溉和地下水的利用;西南地区重点应研究水能资源的开发利用,而对其它内容只作一般了解,本书的第二篇具有较强的灵活性和适用性,各专业可根据学时安排内容,保证重点,兼顾一般。

第一篇 水资源规划基础

第一章 水资源

§ 1.1 水资源及其特性

1.1.1 水资源的概念

水(water)是人类生活与生产活动所必不可少的自然资源。本书所讲的水资源(water resources)通常是指地球上目前和近期人类可直接或间接利用的淡水储量。广义的水资源则指所有的水体。

按水体所处空间区分,水资源可分为地表水资源和地下水资源。

按水资源的作用又可分为:江河、湖泊、井泉以及高山积雪、冰川等可供人类长期利用的水源资源;利用江河、湖泊等天然航道以及水库、运河等人工航道发展交通运输的水运资源;用来发展水产养殖以及旅游事业的水域资源;河川水流、沿海潮汐等所蕴藏的水能资源等。

1.1.2 水资源的特性

水资源不同于土地、矿藏等自然资源,有其独特的性质。受地球自然水文循环的影响,决定了水资源在一定的时间和空间内产生、运动、转换和分布的基本规律和格局,只有充分认识它,才能有效地、合理地开发利用它。

1. 循环性与有限性 我们把海洋、陆地上的降水和蒸发的垂向水分交换定义为小循环,海洋与陆地间的水分交换则称之为大循环,这种受太阳能量和地球引力影响的水循环运动将不断往复。循环的结果使得海洋水量长期保持平衡,陆地上的水体不断得以补给。参与全球水循环的动态水量为 $57.7 \times 10^4 \text{ km}^3$, 约占地球总水储量的万分之四。这种无限循环和有限补给决定了水资源只有在一定数量限度内,才是取之不尽,用之不竭的。

2. 时空分布不均匀性 太阳与太阳系运动的规律以及地球变化多端的自然地理环境和人文环境,产生了复杂的地球气候和水文循环,使得水资源在地区分布上,有丰水、多水、过渡、少水和干旱带之分。有的地区水贵如油,人畜很难生存;而有的地区水满为患,常常会受到洪水的危害,给生活和生产带来严重影响。在年际分布上,存在丰水年、平水年、枯水年,同时在年内还有明显的枯水期和丰水期;它们之间相差悬殊,极不均匀,给人类开发利用带来了困难,必须通过建造各种水利工程,对水资源进行再分配,才能满足人类的需要。

3. 用途广泛性和不可代替性 水资源是发展国民经济的重要生产资料,是国民经济建设的物质基础,几乎涉及到所有的国民经济部门。水资源作为生产资料的用水形式可以分为两种类型,①耗损性用水,如工业供水、农业灌溉等,需要消耗或污染大部分水量;②非耗损性用水,如水电、航运、水产、旅游和环境保护等部门,是利用其水能、水域、水体和水环境,不消耗水量或很少消耗水量。水资源又是生活资料,是维持生命和生态环境,万物赖以存在的必要条件。水资源是任何物质不可代替的。

4. 有利性和有害性 水资源量的多寡,直接促进或制约国民经济建设,而大气降水(雨、

雪、霜、雾等)的过少或过多,将会带来旱、涝、洪、凌、碱等自然灾害。水资源开发利用不当,也会引起人为灾害,如垮坝、污染、次生盐碱化、病菌传播、交通阻碍、地面沉降和地震等。因此,水资源具有有利性的一面,同时又具有有害性的一面,水资源开发利用应达到除水害、兴水利的双重目标。

§ 1.2 我国水资源的特点

我国地域辽阔,地形复杂,总的地势西部高东部低。受太平洋影响,大陆性季风气候显著。几千年来人们在这块古老的土地上休养生息,同时也干扰和破坏了自然的水土构成。因此,形成了我国水资源所具有的特点。

1. 总量可观,人均亩均占有量少 从总体上讲,全国多年平均降雨量为 650mm,水资源总量为 $2.8 \times 10^{12} \text{m}^3$,居世界第六位。但人均占有量只有 2700m^3 ,相当于世界人均占有量的 1/4,居世界第 88 位。展望未来,根据我国人口控制计划,2000 年人口将超过 12 亿,2050 年预计可达 15 亿,那时人均占有量只有 1860m^3 ,人均占有量相当少。耕地平均每亩占有年径流量 1800m^3 ,相当于世界平均数的 2/3。因此,我国是一个缺水国家,计划用水、节约用水,将是我国必须长期坚持的长期基本国策之一。

2. 地区分布不均,水土资源组合失衡 水资源地区(空间)分布不均,主要是由于降水量不均造成的。我国降水量依东南沿海向西北内陆递减,形成东南沿海雨量充沛,华北、西北地区缺水少雨。长江以南降水量高于华北,更高于西北。全国有 45% 的土地面积年降水量小于 400mm 。从地表径流与耕地面积的关系来看,长江以北(不包括东北)河川径流只占全国的 8%,而耕地面积却占了全国的一半。其中海河流域的缺水问题极为突出。要解决这一问题,不少科学家认为只有跨流域、远距离、大规模地把长江水调往黄河以北、海河流域、京津地区,这就是中国正在规划并逐步实施的南水北调工程。水土资源组合不平衡的这一状况,使得我国水资源开发利用任务既复杂又艰巨。

3. 时程变化大,年内、年际分配不均 水资源时程(时间)变化大,也因降水量不均造成。我国降水量年内分配集中,年际变化大,而且连丰、连枯年份出现突出。我国大部分地区冬春寒冷少雨,夏秋多雨。年降水量主要集中在汛期几个月或一、二个月。华北、东北、西北和西南地区雨季降水量占全年降水量的(70—80)%,而冬春雨雪稀少,往往发生春旱。东南各省雨季多集中在四、五、六三个月,降雨量占全年降水量(50—60)%,在七、八月往往发生伏旱。少数北方地区甚至一场暴雨的降水量相当于几年的降水量。内蒙古自治区乌审旗 1977 年 8 月份的一次暴雨,10 小时降雨量等于常年降水量的 3.5 倍。

多雨年份与少雨年份的降水量往往也相差几倍甚至几十倍。由于降水量在年际间这一变化,河流的年径流量变化也大,如淮河(蚌埠站)丰水的 1921 年径流量为 $719 \times 10^9 \text{m}^3$,是枯水的 1978 年 $26.9 \times 10^9 \text{m}^3$ 的 26.7 倍。我国河流的年径流量在各年的变化幅度是南方小,北方大。多年水文资料表明,我国的主要河流都出现过连续枯水期和连续丰水期。一般情况下,连续出现丰、枯水的历时北方比南方长,径流量的增减幅度也是北方大于南方。

由于雨量集中,造成汛期水量过多,一方面造成洪水威胁,一方面使大量宝贵的水资源流入海洋,而非汛期则水量缺乏。这样就造成了总水量不能充分利用,可利用的水量占水资源总量的比例很小。

4. 水土流失严重, 河流泥沙问题突出 我国水土流失严重的直接原因是森林覆盖率极低, 只有12%, 居世界第120位。全国水土流失面积约为 $150 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占国土总面积的 $1/6$ 。每年流失泥沙 $50 \times 10^8 \text{ T}$ 。据统计, 全国年输沙模数大于 1000 T/km^2 的面积达 $60 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中黄河流域 $29 \times 10^4 \text{ km}^2$, 长江流域 $13 \times 10^4 \text{ km}^2$, 辽河流域 $6.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。黄河中游黄土高原地带, 是中国水土流失最严重的地区, 年输沙模数大于 5000 T/km^2 的面积就有 $14.3 \times 10^4 \text{ km}^2$, 局部地区高达 22000 T/km^2 。

水土流失造成许多河流泥沙问题突出, 北方河流更为严重。黄河是世界上罕见的多沙河流, 其年平均含沙量和年输沙量均居世界河流之首, 辽河、海滦河的含沙量也很大。尤其值得注意的是长江的泥沙问题, 含沙量逐年提高, 有专家警告, 如不采取有力的措施, 长江有成为第二黄河的危险。

水土流失不但造成土壤贫瘠, 恶化生态环境, 减少农业生产收成, 而且给水资源开发利用带来许多困难。如河床抬高, 行洪能力减小, 增加防洪难度, 水库淤积, 降低了防洪标准 and 兴利的效益, 泥沙对水力机械的磨损, 灌溉、供水对泥沙的处理等均是难题。

§ 1.3 水利事业

到达地面之降雨, 太多下, 则造成洪涝灾害, 太少了又不能满足人类对水的需要。在人类尚不能改造气候以前, 只有设法采取措施控制降到地面之水(防涝水害)或设法贮存水源(增加水源)以满足人类之需(改变水之存在时间、地点、有效利用), 此等使水造福于人类的行动, 称之为水利(water conservancy)事业(或水资源事业), 水利事业的分类见表1-1。

表中①~④项为水过多之控制, 称为除水害; ⑤~⑦项为解决水资源不足所采取的用水措施, 称之为兴水利。除水害与兴水利在开发方式和采用的技术措施上不同, 但最终目标是一致的——使水造福于人类。在水资源综合规划中, 常将二者协同考虑。应当指出, 我们这里讲的水利事业, 与我国政府现行对各部门的分工要求是不完全相同的, 它包括了一部分如电力、城建、交通、环保、旅游等部门的职能范围, 是广义的水利事业。下面对表1-1作简要说明, 有些条款在以后的相关部分介绍:

①防洪 主要是通过蓄洪、调洪、泄洪、分洪等工程措施削减洪峰, 减少洪水灾害, 此外, 尚包括采用法律、政策、经济、管理、技术等非工程措施。

②排水 用人工方法及时排除对人类有害的水, 其中农田排水也称之为治涝和排涝, 城市和城市排水, 主要是排放生产、生活形成的废、污水。

③水土保持 指对自然因素和人类活动造成水土流失所采取的预防和治理措施。水土流失就是地表表层土壤在水力、重力作用下, 随水流推移而堆积在水库、江、河、沟渠等地方的自然现象。水土流失会使洪水增大, 干旱严重, 土地肥力降低, 淤积河床、水库, 黄河下游的地上“悬河”就是黄土高原水土流失的后果。我国十分重视水土保持工作, 专门颁布了《水土保持法》。

④沉淤控制 指对江、湖、河、水库中沉积物(主要是泥沙)的控制, 减少泥沙的有害淤积。有利于防洪、航运, 有利于保护水利工程等。黄河三门峡水库曾因泥沙沉积而几乎淤毁, 黄河下游也因泥沙淤积而使河底高于两岸农田。为了控制泥沙淤积, 每年必须用 $200 \times 10^8 \text{ m}^3$ 以上的水量冲沙入海。减少淤积的关键措施是搞好水土保持, 减少泥沙来源。

表 1-1

水利(水资源)事业

事业种类		目 标	主要方法
防治水害	①防洪	减免洪水灾害,增加土地利用	蓄水拦洪减洪、堤防、分洪、滞洪、整治河道,洪泛区管理,洪水预报
	②排水	排除积水,增加粮食产量	加大水道容量,截流,降低水库水位
	③水土保持	防止冲刷,保护水源,改善土地	适土适作,植树种草,截流消力设施
	④沉降控制	减少泥沙的有害淤积	排沙、防冲刷、择地淤积
增加水源	⑤引水	引取河渠水源以供使用	拦水坝、取水口、引水道
	⑥蓄水	贮存丰水水量,供枯水时使用	蓄水库(池)、溢洪道、放水口,集水区保护
	⑦地下水开发	抽取地下水以供使用	井、横井、抽水机、引水道
	⑧海水淡化	增加淡水水源	蒸馏、膜滤、结冰、离子交换
	⑨水污染防治	避免水质变劣,改善水质	增加枯水流量及河流自净能力,污水处理
用水	⑩公共给水	供给城市、家庭、商业用水	蓄水、地下水、引水、洁水厂、水道、循环利用
	⑪工业用水	供应制造、净洗及动力用水	同上
	⑫灌溉	改善土地使用,保证粮食丰产	蓄水、地下水、引水、输水道、配水系统
	⑬水力发电	供应照明及动力能源	蓄水、引水、水道、发电厂、输电系统
	⑭内河航运	客货运输、竹木浮运	水库、运河、船闸、航道改善、港口、船舶
	⑮水产养殖	增加营养食品	水源、水塘、水域
	⑯土地改良	提高土地农业生产力	排水、洗硷、放淤、客土、灌溉
	⑰旅游	国民健康及改善生活环境	水质良好区域、辅助设施、交通

⑤地下水开发 在地表水资源不足地区,开采地下水满足人们的要求,但地下水的开采是有限度的,以北京市为例,每年超采地下水 $(1-2) \times 10^8 \text{m}^3$,地下水位自 1960 年以来累计下降 12.5m,开采地下水的水厂供水能力已降低了 20—50%,北京市已面临地下水枯竭的危机。针对地下水超采造成的严重影响,《水法》第 25 条规定:“开采地下水必须在水资源调查评价的基础上,实行统一规划,加强监督管理。在地下水已经超采的地区,应当严格控制开采,并采取措,保护地下水资源,防止地面沉降”。

⑥水污染防治 水污染即水体污染,我国《水污染防治法》规定:水污染是指水体因某种物质的介入,而导致其化学、物理、生物或者放射性等方面特性的改变,从而影响水的有效利用,危害人体健康或者破坏生态环境,造成水质恶化的现象。这里的水污染,仅指由于人类活动而引起污染物进入地表及地下水体造成的污染,不包括自然成因的污染。水污染对人体健康、工业、农业、渔业等部门造成的危害日趋严重,据对全国 53000km 河段的调查,鱼虾绝迹,成为“死水”的河段有 2400km;水质污染,不能用于灌溉的占 23.3%;水质符合饮用水标准的只占 14.1%。在全国 530 多条河流中,受污染的河流占 80%以上。我国每年因水污染造成的直接经济损失至少 300 亿元。水污染防治以防为主,以治作为必要的补充,实行综合治理,防患于未然,治患于根源,重点控制污染源进入水体。

⑦供水 包括公共给水和工业用水,指采取修建水库、打井等方法增辟水源或直接利用江、河、湖水,通过提、引、输水设施,以供给符合一定用水标准的城镇公共给水和工业用水。公共给水包括家庭、都市及商业用水,以公共水厂及管路系统供给多个用水户水量。家庭用水为饮食、烹饪、清洁、洗涤及喷洒庭院所需;由于人口增长和生活水平的提高,每人每日用水量增

加,给水系统须及时增加供水量以应需要。城市用水须配合日益增长的经济及商业使用、市街冲洗、公共场所清洁、防火准备等需要,及时增加水量,改善水质。公共给水充足,品质及服务良好,是城市继续成长的主要因素。工业用水视工厂产品、制造程序、冷却、净洗、搬运等不同,其用水量差别甚大。多数工厂均以水为生产因素之一,用水量大之工业,须选在水源丰富地区,以确保供应;对缺水地区,则宜兴建节水型工业。

⑧灌溉 指从水库、河流、湖泊、水井等水源地通过取水枢纽、输水渠网,及田间工程措施,向农作物、林木、草场等浇灌一定质量、数量的水,以满足植物生长的需求。灌溉是满足作物生长所需的重要措施。在干燥地区,作物生长所需水份,大部分由灌溉提供;在湿润地区,灌溉只是雨量不足或作物缺水时的及时补充;灌溉之目的是提高作物产量,确保作物丰收。为了增产粮食,扩大种植面积,提高土地生产能力,必须搞好农业旱涝保收面积的灌溉规划。

⑨水力发电 利用水工程及其它设备,将水流的动能和势能,或者说,将河流、湖泊等的水量和落差转化为机械能继而转化为电能的过程。简言之,水力发电是利用水流的水能(水能资源)来生产电能。由于水电机组开停机灵活,水电是电力系统中最宝贵之能源(可调峰、调压),规划优良的水力发电站既可为工、农业、城市及家庭提供廉价电能,又可改善和美化环境。我国新安江水电站为华东电网供电、调峰作出了巨大贡献,其电站水库形成的千岛湖,是中外游客的观光胜地。

⑩内河水运 指通过整治河道、开挖运河修造各种航道设施,提高航道级别和安全性,增加行船的便利条件和客货运量。内河水运都在河流平缓之处先行发展,交通便利促进经济及都市发展。工农业产品及原料增加,货运量及运送范围亦加大,水运可减轻铁路、公路的交通压力。水运不消耗水量,只需要一定水域,利用水之浮力载船航行。改善急流浅滩,创造合适的航深、航宽条件和合适的河道弯曲度,是水运的必要条件。

⑪水产养殖 利用水库、湖泊、河流、池塘水体发展水产养殖,不消耗水量。但必要的水体,引渔,拦渔设施,是提高水产品产量的重要保障。并要防止水体污染。

⑫土地改良 利用水利措施提高农业生产能力,低洼地通过排水、盐碱地通过放水洗盐、荒地通过引水淤地等措施改良农田,保护土壤,提高粮食和其它农作物产量。

⑬旅游 由于城市聚居日众,生活水平日高,人们对旅游之需要日增。而水利工程一般具有广阔的水面,秀丽的山林,适宜开展诸如游泳、划船、驶快艇、钓鱼、登山、露营、射击、狩猎等多项旅游活动。因此在水资源综合规划时,应兼顾旅游之需要。

§ 1.4 水资源技术

科学与技术进步,对水利事业贡献甚大,对水资源利用及规划之观念影响也很大。水资源活动,以自然界水体为对象,根据降雨量及发生时间,河川湖泊存在情况,决定可利用的水量及其分布。为了使水资源更好地造福于人类,必须采用有效的技术手段。

1.4.1 水资源技术措施

1. 引取地表水 河流中可以引用的水量在一年中各季节变化较大,水少季节的流量不能满足工、农业用水需要,须以人工手段调节水量,增加枯水期的可用水量,若该河流水量确实不足,则采用跨流域引水,从其它河流或流域引取其多余之水量。

2. 蓄水 建造蓄水库,河流水量丰富时蓄存,供水量不足时使用。一般在河道上筑坝形成

蓄水库,蓄丰补枯,增大人们对水的调节作用,增加枯水时可用之水量,减少洪水时有害水量。蓄水是人类根据自己的需要控制水资源的重要途径。

3. 地下水 为干旱地区的主要水源,以竖井、横井引汲地下水的技术在我国已有悠久的历史。近来随着打井技术进步,可利用较深含水层的地下水,通过采用人工方法回蓄地下水,增加了可供使用的地下水量。

4. 控制蒸发 可减少蓄水损失和灌溉用水之需要量。在干旱地区蒸发损失水量较大,迫切需要控制蒸发。如化学品[hexa-decanol cetilic-alcohol $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_2(\text{OH}_2)$]施用后控制蒸发有效时间长,成本亦不高。

5. 水资源再利用 已经使用之水加以处理,使水质复归良好,再供使用;亦可将水质较差之水,直接供应水质要求不高的部门使用;亦可将其与优良水质水源混合,提高水质再利用。这样既减轻了对河流的污染负荷,又增加了水资源的可用水量。

6. 水土保持 良好的水土保持及土地利用,可以减少降雨的损耗,通过蓄存部分雨量在田野,可减少洪水流量,增大枯水流量,也就是增加了枯水期水资源的利用量。

7. 节约用水 提高水的利用效益,减少水在蓄存及输送时的损失,改变耗水大的农作物和工业产品结构,将水用于耗水少、效益高的行业和部门。

8. 海水淡化 将海水中的盐份除去,获得淡水。因将水脱盐需要能量,故其成本较高,目前尚限于特别干燥缺水地区、岛屿、海船饮水。随着大规模原子能淡化水厂的兴建,成本可望降低。

9. 改造气候 人类久已希望以人为方法改造气候,调整降雨之季节分布,使人们需水时就降雨,不需水时就天晴。但各地气候受大气运行影响,大气运行之成因和规律复杂多变,近期内人类还不能明了和控制大气运行。即使欲在短期内及小面积内控制天气变化,亦极复杂,且相互影响。故在近期内人类改变气候尚限于小规模之造雨,如利用干冰(CO_2)或碘化银等供给凝聚核心,造云降雨已获成功,但如大气水份缺乏,成效仍有限。93年上海举办“东亚运动会”,为确保开幕式不降雨,采用人工驱雨获得成功。随着科技的不断进步,人类终究是能改造气候的。

1.4.2 水资源研究中采用的先进科技手段

1. 遥感与空间技术的应用 随着遥感和资源卫星等空间技术的应用,对估算水资源储量,掌握流域特性,研究水循环和水量平衡规律,准确获知水文变化的数据等,都弥补了人工之不足。这些均是水资源开发利用的前提,是进行水资源规划的基础。

2. 应用类推式计算机 模拟难以观测的地下水情况,依据水文过程的原因——结果(即降水——径流)关系,用一系列参数组成的模型模拟其实际过程,已成为水资源研究的重要方面。这些模型参数较多,结构较复杂,计算也十分繁琐,但借助于高速计算机,可缩短计算时间。

3. 核技术的应用 在地质勘探、寻找地下水源等方面有着广阔的应用前景。

4. 水文学的发展 随机水文学,确定的线性和非线性水文数学模式和水文系统。

5. 水文学与水资源学的系统方法 将水资源看成一个系统进行研究的思想是模型化理论的基础,使用系统方法可将水资源系统各要素统一进行研究,探讨它们的变化对水资源系统的影响,以建立模型。

第二章 水资源开发利用

水资源开发利用,通常是指采取人工措施改变水的自然状态或不改变水的自然状态而直接利用水的有利作用。

水是人类生存的基本要素,从人类依水而居,择高而居,到简单地利用水资源,直至发展到“兴水利、除水害”的“水利”一词,都说明开发利用水资源与人类文明的发展息息相关。新中国成立以来,我国的水资源开发利用取得了举世瞩目的巨大成就。但是,随着国民经济的发展,人口的增长,用水量增加,对开发、利用、管理、保护水资源和防治水害提出了更高的要求。本章从说明我国水资源开发利用现状及存在问题入手,讲述水资源开发利用的原则和制度,最后说明了水资源综合利用的重要性。

§ 2.1 我国水资源开发利用现状

2.1.1 四十五年水利事业的回顾

防治水害、兴修水利在我国具有悠久的历史。新中国成立后的四十五年中,水利事业得到了巨大的发展。由于水利事业是随着社会、经济、科学等的发展而发展,回顾起来我国的水利事业大致经历了以下四个过程。五、六十年代,水利建设的重点是防洪灌溉,抗御洪涝和干旱,战胜了数次流域性特大洪水,为社会提供防洪安全保障。七十年代为解决北方的干旱,开展了大规模的凿井开发地下水工作以及进行全国的农田水利基本建设,为农业稳产高产奠定了基础,扭转了南粮北运的局面。八十年代经济建设突飞猛进,水资源供需矛盾和电力需求矛盾日益突出,水利建设的重点是满足国民经济各方面和城乡人民对水电的需求,保障社会主义现代化建设;同时制定了新中国的第一部《水法》,把我国人民长期防治水害和开发、利用、保护、管理水资源的经验教训以法律形式固定下来,从而把水事活动纳入正常的法制管理的轨道。进入九十年代,水资源的认识进入了新的时期,党和政府把水利作为国民经济的基础设施和基础产业放在重要的战略地位,水利事业必将发挥其在国民经济建设中更重要的作用。

累计四十五年的统计资料表明,水利事业取得了巨大成就。全国整修和新建堤防工程 21 万多 km,保护耕地 5 亿多亩和 100 多个大、中城市;建成大、中、小型水库 8.3 万余座,总库容达 4500 亿 m^3 ,控制流域面积 150 万 km^2 ;水电总装机 3800 余万 kw,年发电量 1400 亿 $\text{kw} \cdot \text{h}$,在电力总装机和总发电量中分别接近 1/3 和 1/4;灌溉面积达 7.4 亿多亩,占全国耕地面积 50% 以上,其中旱涝保收面积 5 亿多亩;综合治理水土流失面积达 7.7 亿亩,占全国水土流失面积的 38%;全国绝大多数城市建有供水系统,自来水及工矿企业、事业单位的自备水源累计年供水量达 200 亿 m^3 ,并已基本解决了 1.4 亿人和 8.3 万头牲畜的饮水困难问题。所有这些成就,为我国社会主义建设的繁荣昌盛作出了应有的贡献,同时也奠定了这一基础产业的雄厚物质基础。

2.1.2 水资源开发利用中存在的主要问题

由于水资源的特点以及我国建设事业的蓬勃发展,当前和今后水资源开发利用尚存在一