

论水资源学

陈传友¹, 王春元², 高迎春¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 水利部发展研究中心, 北京 100011)

摘要:在前人研究的基础上,从理论与实践结合的高度,全面系统地提出了水资源分类、水资源和水资源学的内涵以及水资源学应研究的3个层面问题,即研究水资源及其演变规律,研究如何满足人类活动用水,研究水资源开发利用与生态环境的关系。同时,在探讨水资源开发利用的历史长河中,提出了水资源学的学科体系。它由基础学科、应用学科和交叉学科3部分组成,共同构成水资源科学领域,成为资源科学的支柱学科。为促进学科发展,建议近期水资源学研究应围绕人类活动对水资源的影响、水资源优化配置以及生态环境系统水平衡3个重点进行。

关键词:水资源学;学科体系;优化配置;生态环境;水平衡

中图分类号:TV211

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2002)02-0001-06

水资源作为一门学科来研究还是近一个时期的事。任何事物,如果理论过于滞后,实践问题的合理解决往往受到极大的限制。我国是世界上贫水国家之一,由于经济发展较快,水资源问题越来越突出,以致成为制约国民经济可持续发展的瓶颈。因此加强水资源学的研究已成为支撑可持续发展研究的重要学科领域。

1 水资源及其特性和分类

1.1 水资源的内涵

水不等于水资源,水资源仅占地球上总水体的十万分之三点四。随着人类活动的加剧,水资源利用越来越多,不少地区出现了水危机或水战争。因此,许多国际机构和专家告诫人们:“我们正在进入一个水资源紧缺的时代,如不采取措施,今后世界爆发的冲突可能以争夺宝贵的水资源控制权为中心,就像过去以争夺石油控制权为中心一样”。

水是地球上分布广泛的物质之一。其中海洋面积就有3.6亿km²,占地球表面积的71%,总蓄水量 $133.8 \times 10^{16} \text{ m}^3$,占全球水量的96.54%;陆地水 $4.8 \times 10^{16} \text{ m}^3$,占地球水量的3.46%。在陆地水中,地下水 $2.34 \times 10^{16} \text{ m}^3$,冰川水与永久积雪 $2.4 \times 10^{16} \text{ m}^3$,湖泊水、土壤水、大气水、河床水以及其它水体总计约 $0.06 \times 10^{16} \text{ m}^3$,仅占地球陆地水体的0.125%,是非常有限的。

到目前为止,什么是水资源还没有一个公认的

非常严谨的文字描述。《不列颠百科全书》中水资源定义为“自然界一切形态(液态、固态、汽态)的水”都算水资源。直到1963年英国国会通过的《水资源法》中,改写为“具有足够数量的可用水源”,即自然界中水的特定部分。1988年联合国教科文组织(UNESCO)和世界气象组织(WMO)定义水资源是“作为资源的水应当是可供利用或可能被利用,具有足够数量和可用质量,并且可适合对某地为对水资源需求而能长期供应的水源”。

在我国,对水资源的理解也不尽相同。1991年《水科学进展》编辑部组织了一次笔谈,就水资源的定义和内涵进行讨论。陈家琦教授在《水问题论坛》上把讨论的观点,做了扼要的阐述,其提法仍然是仁者见仁、智者见智。但仔细分析后认为,上述看法中很多主要观点是一致的,如果再结合可持续发展想问题,一个国家或地区的水资源可归纳为下列内涵:水资源是指水体中的特有部分,即由大气降水补给,具有一定数量和可供人类生产、生活直接利用,且年复一年的循环再生的淡水,它们在数量上等于地表、地下径流的总和(对平原地区地下径流还要加上潜水蒸发部分(均不考虑深层渗漏))。

从文字表述中不难看出,水资源包含在水体之中,而水体中的其它部分,在特定的条件下还可能转化为水资源;水资源如果保护不好也可能变为无法利用的水体,而危及社会的安全。因此,水资源在一定时间尺度内是静态的,而在社会发展的历史长河

中又是可能改变的。

1.2 水资源特点

水资源具有多方面的特点,从人类活动和可持续发展的角度审视,最主要的有下面4个特点。

1.2.1 循环再生的特点

在太阳能的作用下,地球上的水不断变为水汽,上升到大气圈中,然后遇到成雨条件在空中凝结成液态或固态的水,受地心引力的作用回到陆地和海洋,这种循环是无限的,但在一定的时间和空间范围内,大气降水对水资源的补给量则是很有限的。例如,北京地区多年平均降水 595 mm,可利用水资源总量 41.33 亿 m^3 (多年平均且含入境水量),人均水资源量不足 300 m^3 ,仅为全国的 1/7,远远低于国际公认的 1000 m^3 的缺水下限。

1.2.2 分布不均的特点

水资源在时间上分布极不均匀,全国丰水年年径流量为 29 010 亿 m^3 ,枯水年年径流量为 23 590 亿 m^3 ,两者相差 5 420 亿 m^3 。我国沿海东南诸河丰水年年径流量为 3 069 亿 m^3 ,枯水年年径流量只有 1 611 亿 m^3 ,前者为后者的 1.9 倍,而年内分配又极不均匀,60% ~ 80% 的径流集中在汛期半年,其中 50% 左右集中在 7 ~ 8 月 (或 6 ~ 7 月),甚至有的地区或有的年份 1 个月流走全年 (多年平均,下同) 径流的 1/3,1 周流走全年的 1/5,而每年的 3 ~ 5 月份,全国大多数地区干旱少雨,径流很少,大部分中小河流断流,这时又正是冬播作物的返青、分蘖期和春播作物播种季节,用水量大,缺水严重,这也是我国洪旱灾害频繁的根本原因,同时也给江河治理和开发带来了难度。

由于各地自然条件不同,水资源在地区上分布也不平衡,南美洲的年径流深是非洲的 4.4 倍,地球上外流区的平均径流深是内流区的 11.7 倍,相差非常悬殊,我国径流分布不均现象有过之而无不及,黄河流域以北广大地区,土地面积占全国的 60%,而其径流量仅为占全国土地面积 19% 的长江流域的 46%;海滦河流域耕地面积占全国的 10.9%,人口占全国的 10%,而水资源却仅占全国的 1.5%,成为全国人水、地水矛盾的焦点,我国径流还存在垂直变化的规律,即在山地的迎风坡径流随高度的增加而增加,山区产水量大,增加了山区河流的水势潜能,为山区兴修水利工程提供了丰富的水源和良好的地形条件,同时山洪加剧,泥石流、滑坡等地质灾害频繁发生,进一步强化了治山的意义。

1.2.3 多功能的特点

水资源具有水的一般特性,水在自然界呈现出千变万化的多功能特点,在常温下,它是液体,可流

动,成为其它物质的载体,人们利用水流航行,动植物利用水流输送营养物质以维持其生存和发育,水的流动性和不可压缩性是汇集与积蓄水量和水能的客观因素,成为人们供水、发电、防洪和水生养殖与旅游的基本条件,地球上的水一方面吸收巨大的太阳能;另一方面通过大气环流和海洋暖流传输能量和物质,使地球上大部分地区的气候适宜于生物生长和人类生存,地球上如果没有水,地球表面的温度将上升到不可想象的程度,从生态学的观点来看,水是无机部分的基本要素,是生态系统进行能量交换和物质循环的载体,水中有能够分解各种有机物的微生物和溶解氧,微生物将各类有机物氧化分解,转化为二氧化碳、氮和其它无机盐,把构成生物体的各种物质回归大自然,使大自然得以净化和再生。

正由于水的多功能性又派生出两个方面的属性,即社会属性和经济属性,所谓社会属性,就是人类离不开水,水成为人人不可少、日日不可缺的生产、生活资料,因而,赋予水利以基础产业和基础设施的战略地位,作为基础产业,它在一定程度上带有公益性,还不能完全靠市场经济杠杆控制,而应当因地制宜和因事制宜,在经济规律的范畴内灵活机动地制定水价和水政策,同时又由于它的多功能性和稀缺性,而决定了它具有商品的基本属性,因此,水经济成为国民经济的有机组成部分,国家必须对水产业具有控制力,充分发挥水的作用,克服人水、地水矛盾,为此,同其它资源一样,水资源应该有价值 and 价格,不能无条件地使用,否则,不仅会影响水事业的发展,而且会造成极大的浪费,更值得注意的是,水被使用后一般会变质,变质的水会污染环境、恶化生态、危及人类生存与发展。

1.2.4 水质受人类活动和自然条件变迁的影响

水资源包含量和质两个方面的含义,质量不好的水非但失去经济价值,还会酿成后患,水的质不是一成不变的,如果没有防护措施,人类活动和自然变迁都可能随时随地改变其质量,使符合人类和其他生物生存需要的水变成有害的物质,失去其利用价值。

随着工业化和农业现代化的发展,每天要排放大量的废污水,且最后必然进入河流、水库 (含天然湖泊) 或地下,结果把原来的淡水变成咸水,把原来的好水变成污水,在经济合作与发展组织国家里,河流生物耗氧量 (BOD) 都在变化,从 1970 年到 1983 年,法国塞纳河从 10 mg/L 下降到 4 mg/L ;莱茵河的德国贝曼段,铅的含量从 1975 年的 24 mg/L 下降到 1983 年的 8 mg/L ,而氮却从 1970 年的 1.8 mg/L 上升到 1983 年的 3.9 mg/L 。

森林大量采伐对水质的改变非常明显,据在横

断山区设站观测,原始林区河沟水清为镜,年平均含沙量近为 0,即使遇到当地大雨,河水也仅稍加浑浊,且延续时间不长,雨停则水清。森林被采伐后,晴天河水碧清,进入雨期则沙随雨来。1984 年,仅 5~9 月份就出现泥沙过程 130 次左右,流失悬移质泥沙 353 t,平均侵蚀模数为 441 t/km^2 。这些泥沙无疑使水流浑浊,质量发生变化。由于植被破坏,水的化学成分也发生改变。大气降水通过森林后的渗透水,其氢离子浓度明显下降,林外降水的 pH 值绝大多数在 6.8~7.5 之间变动,属于中性水;而大气降水穿过林冠后,pH 值一般在 6~6.5 之间,最低可到 5.62 (穿透杉林),同时渗透水增含五氧化二磷,且钠、钾、氯、碳酸根等离子也明显不同。

目前从矿物燃料释放出的碳,已经改变了碳的循环;合成的含氯氟化烃化合物,在大气中的扩散,破坏了平流层的臭氧层;人为造成的土壤侵蚀,改变了水资源流向海洋的质和量。人类干预所造成的后果在很大程度上还是未知数。

除了人类活动以外,自然变迁也会极大地改变水的质量。例如气候变暖,很可能通过水质循环对淡水资源产生重大影响。有资料证实,全球大气表面温度平均增加 0.5°C ,大气年降水量将增加 10%,表现在北半球大陆地区的高纬度和低纬度地带,而中纬度农业生产高度发达地区将减少。增加或减少均会导致水质的变化。

1.3 水资源分类

对水资源进行分类,是为了更好地认识和掌握它的运动规律,为合理调控和高效利用水资源服务。这里以文献[1]的分类方法为基础,并作了一些变更和必要的说明。

1.3.1 按量算要求分类

a. 实测河川径流量。指依据水文站(或测站)实测数据计算出的多年平均径流量。这是我们进行合理调控的基础,是水资源规划与管理的基本依据之一。

b. 天然径流量。指实测径流量的还原水量,一般实测径流量加上上游引用水量(扣除回归部分)。这是我们认识水资源动态演变规律的基础,为水资源优化配置提供基础数据。

c. 可利用水资源量。由于经济、技术和上游用水以及生态环境需要用水的限制,实测径流量中有很一部分不能被利用,其中有可能被利用的部分称之为可利用水资源。如何计算这部分资源量,尚值得深入研究。

d. 可供水量。指断面以上由工程控制的水量。随着科学技术的发展和人类文明的进步,可供水量的数量和范围都将发生变化。

1.3.2 按形成条件分类

a. 当地水资源(主水)。指评价范围内,由大气降水产生的地表、地下径流。这部分水资源一般是我们社会生产生活的基本水源。

b. 入境水资源(客水)。由评价范围外地表、地下流入的水量。这部分水资源包括自然入境的水源和人工调入的水源。

1.3.3 按存在形式分类

a. 地表水。一般指坡面流和壤中流即地表水体的动态部分。

b. 地下水。主要指浅层地下水。

1.3.4 按利用方式分类

a. 河外用水。主要指农村用水和城镇用水,其中农村用水包括灌溉用水、牲畜用水、乡村企业用水和乡村群众生活用水;城镇用水包括城镇工业、城镇农业和城镇居民生活和公共设施用水。

b. 河内用水。一般不消耗水量(除直接蒸发),主要指河道内发电、航运、养殖、旅游用水等。

c. 生态环境用水。指整个生态系统中除城乡各部门用水外的其它用水,既有河外又有河内。

2 水资源学内涵及其发展历史

水资源学是一门综合性很强的科学,其学科体系还没有定型,尚处于发展过程之中。笔者在总结、引用前人工作的基础上,在此提出一些不完全成熟的想法。

2.1 水资源学内涵

水资源学是研究水资源的形成、演变及其满足人类活动、维持生态环境平衡和提高水环境质量对水资源需求关系的科学。她属于资源科学的范畴,是资源科学的支柱学科之一,研究的对象是水资源。

不难看出,水资源学主要研究 3 个层面上的问题:

其一,是水资源本身,即认识对象,掌握水资源的演变规律,为充分合理与高效利用水资源奠定基础。正如在《中国资源科学百科全书》水资源部分中,陈家琦先生总结的那样,这部分属于基础研究。水资源学的基础研究,当前主要对象是可供人类社会直接利用的淡水资源,主要分布在陆地地表和地下。这部分水量在地球上约为 $47 \times 10^{12} \text{ m}^3$,我国约 $2.8124 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。随着科学技术和社会文明的发展,可利用水资源还会逐步拓展到海洋、冰山和极地,乃至深层地下水。海水淡化和海水直接利用已经在局部地区发挥重要作用。美国 1990 年工业用咸水(主要为海水)959 亿 m^3 ,占工业总用水量的 30% 左右。

其二,是研究人类活动用水。在人类历史长河中,这个问题过去并不突出。所以我国民间长期流传

这样一句话“热水要人烧,冷水要人挑”,其中心意思是只要人们付出劳动,就会“取之不尽,用之不竭”。近代社会,人们生活水平不断提高和社会经济飞速发展,对水资源的需求量剧增,以至于出现供水不足,解决水资源供需矛盾和洪、旱灾害已经成为社会发展的关键问题。为此,如何满足人类活动对水资源需求和为社会经济可持续发展提供水资源安全保障,以及如何从资源、人口、环境与发展角度探索未来水资源开发利用战略,都需要进一步开展水资源学的应用研究。

其三,研究水资源开发利用对生态环境系统的影响。现代资源科学的发展清楚地告诉人们:各种自然资源(主要生态环境因子)在一定的空间范围内构成相互联系的整体。它们在垂直剖面上依次为气候资源、生物资源、水资源和土地资源,再向下是矿产资源。这些因子既相互联系又相互影响,共同构成自然资源系统。水资源离开了降水就成为无源之水;土地资源离开了水就成为不毛之地;生物资源如果没有土地和水的抚育,就会出现“皮之不存,毛将焉附”的局面。从表面看,它们都是独立存在的自然物,但是究其内涵则又是一个不可分割的资源系统,所以一种资源的变化(含量和质)必然引起系统的连锁反映。自然资源系统是一个开放的大系统,它不仅在系统内部也在各子系统之间进行着激烈的物质交换与能量传递。水资源是整个系统中最活跃的因素,是资源系统进行物质交换和能量流动的重要载体。因此,开发利用水资源不仅在系统外部而且在系统内部都要统筹兼顾,保持系统内外的水平衡。一旦平衡被打破,就应使平衡向着有利于资源系统优化和经济社会可持续发展的方向移动。为此,必须开展相应的水资源综合研究。

从基础研究到综合研究是水资源学研究的不同发展阶段,是客观要求发展的必然结果,也是水资源学研究的最高阶段。水资源学的工作离不开高新技术,特别是计算机和网络技术,只有这样才能及时评价水资源的动态情势,及时调整其结构和功能,保障人类社会可持续发展。20世纪末在全球兴起的以知识创新为特征的知识经济,已成为水资源学发展的内在动力,交叉科学的蓬勃发展为水资源学的发展创造了机遇。

2.2 水资源学发展历史^[3]

水资源学发展的历史非常短,甚至作为一门完整的学科,至今还未得到普遍公认。但是,作为水资源学的基础研究和应用研究部分,却源远流长。这是因为人们的生存和发展离不开水。远在公元前,先人们对水虽然还不甚了解,但是“兵来将挡,水来土掩”

的道理——防洪挡水就已经被人们所认识。相传大禹继承父业,联合各部落与洪水展开大规模的斗争,除了筑堤坝堵水的办法外,还积极疏导,利用水流运动的规律,因势利导以治水和用水,在黄河两岸的平原上,开出许多良田和桑土。《诗经》歌颂大禹的功绩为“奕奕梁山,维禹甸之”。

随着社会经济和科学技术的发展,人们对水的认识越来越深刻,对水资源利用的研究开始深入人心。公元前645年,管仲认为“夫水之性,以高就下”,即引水灌田要顺去水往低处流的特性发展农田灌溉。同时,他还提出必须选择合理的渠道坡降。这样才可以“遇其道而远之,以势行之”。

公元前250年,李冰任蜀郡守,在四川灌县岷江上主持兴建了驰名中外的都江堰水利工程,大大促进了当时的农业生产发展。都江堰水利枢纽工程,由百丈堤、鱼咀、金刚堤、飞沙堰、宝瓶口和人字堤组成。为便于掌握进水量,李冰还做了一个石人立在鱼咀分水处,要求“水竭不至足,盛不没肩,成为我国历史上最早的水则”。

随着时间的推移,我国人民对水的认识越来越深化。秦王朝“使监禄凿渠运粮”,沟通了长江与珠江水系,从而把中原与岭南联系起来,成为南北交往的通道;东汉人王景使桀骜不驯的黄河安流800年;唐代姜师度热衷水利,“为官一地,治水一方”,享有一心穿地的美誉;北宋文学家范仲淹、苏东坡在修筑海堤,治理太湖、西湖等方面,做了大量有益于后人的工作。近代我国水利事业发展很快,到19世纪末,我国开始引进国外水利科学技术,新中国成立后,党和政府十分重视水利事业,堤防、水库、水电站、引水工程、地下水利用、机电灌排等得到全面快速发展,其数量和规模在我国都是空前的,为经济发展和社会进步提供了水资源保障。同时,我国在水资源开发利用规划、设计、建设、管理和科研方面积累了丰富的经验,进入世界先进行列,为水资源学的发展奠定了坚实的基础。

20世纪以来特别是近几十年来,各国用水量急剧加大,可用水量短缺、水质恶化成为人类生存与发展的热点问题。以往的基础研究、应用研究已不能满足现实的要求,人们不得不加强水资源与人类社会和生态环境的更深层次的综合研究,即水资源学的研究。

3 水资源学的学科体系及近期研究重点

3.1 学科体系

水资源学的分支学科包括基础学科、应用学科和交叉学科(见图1)。其中基础学科包括水文学、水

力学、地下水等;应用学科包括农田水利学、水能利用学等;交叉学科的分枝,到目前为止看得比较清楚的有水资源生态学、水资源环境学、水资源法学、水资源管理学、水资源信息学、水资源工程学等。因此,水资源学与水利科学存在着既有区别又有联系的密切关系,而且后者是前者变为经济优势的手段。人类对水的认识也是经历了由低级向高级逐步推进的过程。水资源学是水利科学发展的更高阶段。

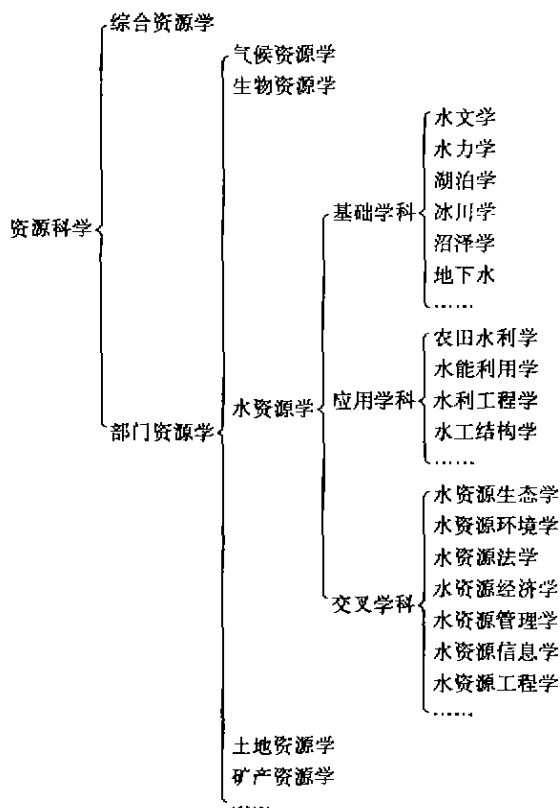


图1 水资源学学科体系设想

水资源学的交叉学科正在迅速成长。伴随地球科学、生物科学、技术科学、社会科学、环境科学等学科领域的发展,为水资源学中的交叉学科的发展奠定了基础。水资源的理论研究与实践探索为水资源学学科体系的形成和完善创造了条件。在国际论坛上,水资源学自20世纪70年代才崭露头角,并且与其它学科交叉渗透,从而逐渐展现出自己的学科体系轮廓。谨就作者认为比较成熟的几个交叉学科简述如下。

水资源工程学从研究水资源系统出发,使它为人类社会和自然界协调发展服务,并促使社会经济和生态环境全面发展与改善。因此水资源工程学必须是一个系统工程,是由多学科交叉和渗透的跨学科的边缘学科。她除了具有一般意义上的“硬件”工程外,还必须提供科学比选的规划方案、评价决策系统以及观念形态方面的“软件”工程,与过去的水利工程既有联系又有本质上的区别。

水资源管理学是研究运用行政、法律、经济、科学技术手段对水资源的分配、开发、利用、保护进行必要的管理,以满足社会经济可持续发展和改善生态环境对水资源需要的一门综合性学科。水资源管理应遵循的原则是:水资源属国家所有,在开发利用水资源时,应满足社会经济发展和生态环境用水,要把开发与保护、兴利与除害、开源与节流有机地结合起来,要维护生态平衡,提倡计划用水、科学用水、节约用水,加强取水、排水管理制度,合理推行水资源市场化。

水资源经济学是研究水资源在系统优化过程中所形成的各种经济关系及其变化规律的科学,是由水资源学与经济学交融而产生的边缘学科。它研究水资源开发利用与保护和社会经济发展的关系,以及开发利用过程中的经济效益、环境效益、生态效益和社会效益及其相关的权利义务匹配;探索水资源“效用最大化”、“社会财富和社会福利可持续增长”以及“社会生活水平和社会文明水平可持续提高”的水资源经济途径。

水资源法学是研究水法这一特定对象及其发展规律的科学,是由水资源学与法学交融而产生的边缘学科。水资源法学研究的主要内容包括水资源立法、水资源法律制度设置和操作规程、水法与水规的实施、水法的有关理论问题研究。为适应水资源实践发展的需要,还必须进一步加强水资源法学的实践探索,探讨水资源法制建设的规律,以强化运用法律手段,保护与合理利用水资源。

水资源环境学是研究由水资源开发利用而引起环境变化的规律,以及由环境变化而引起水资源演变的规律的科学。环境在这里泛指自然环境和社会环境,其中水环境属于自然环境的组成部分。水资源环境学是由水资源学与环境科学交叉与融合而产生的边缘学科。她利用环境科学的理论、方法和技术,研究水资源开发利用对环境的积极作用和副作用,研究人类活动和自然变迁对水环境的影响,并力图以最小的环境代价取得最大的环境效益。

水资源生态学是研究水资源的开发利用保护与生态环境系统之间的相互关系的科学,是由水资源学与生态学交叉与融合而产生的边缘学科。弗肯马克(M. Falkenmark)在1994年就指出:“水作为生物圈命脉和生物量生产的介质的基础作用,必须予以重视……”。显然,水资源与生态系统具有密切的关系。流域是水资源学研究的基本单位,又是一个相对独立的生态系统,流域内和流域间的水资源配置是水资源学和生态学交叉研究的核心内容之一。

水资源信息学是研究水资源及其有关的各类信

息的形成机理与其信息的获取、传输、管理、分析、应用相关联的理论与方法论的科学,既是水资源学的支柱学科,又是现代信息学的重要组成部分,处于学科的初创阶段。它的研究对象主要包括水资源信息和有关水资源开发利用保护方面的信息两大部分。在资源信息的获取方面,水资源遥感随着航天技术和遥感探测技术的发展而得到长足的进步。人们可以从飞机和卫星上,通过观察地球表面水资源分布、开发利用现状,并用全球定位系统实现对观测的准确定位,再经过图像处理,便可以得到十分宝贵的信息。

3.2 水资源学今后研究的重点

文献[4]将水资源学今后研究的重点概括为7条,无疑这是非常全面和正确的。作为水资源学的研究必须为上述重大问题提供理论依据、方法、原则和切入点。从水资源学的3个研究层面上看,在基础研究层面,近期应加强人类活动对水资源的影响研究;在应用研究层面,近期应加强水资源优化配置和高效利用的研究;在综合研究层面,近期应加强水平衡特别是生态环境系统水平衡的研究,全面推动水资源学的发展。

a. 人类活动对水资源影响研究。随着人类社会生产力水平的提高,人类活动对水资源的影响越来越大,在水资源危机、洪涝灾害和水污染形势日益严峻的今天,我们更应着重研究,以规范人类的行为,自觉遵循水资源的自然规律,提高全社会的水文明水平。除了研究植被破坏、酸雨、水体污染、地下水超采和滨海赤潮等不利于水资源永续利用的现象以外,还要重点研究水环境、用水管理和节水型社会建设的理论方法和对策。需要研究不同类型地区地表水、地下水、空中水的三水转换定量关系,并在此基础上进一步研究水资源自然分配在人为因素作用下的变化规律,为水资源优化配置奠定基础。

b. 水资源优化配置研究。由于我国的水资源相对匮乏,以及人水、地水组合错位,只有通过人为地合理调控来优化配置水资源。实现水资源优化配置的手段主要有工程手段、经济手段、行政手段和法制手段等,实际操作中往往表现为各种手段的组合。调节水资源在时间、空间的分布,表现为蓄水、调水,需要充分考虑水资源的承载能力和加强研究维护生态环境用水的理论依据;调节水资源在部门、行业之间的分配,调节水资源在用水者、用水户之间的分配,表现为水商品消费行为,需要充分考虑用水定额管理和研究水权、水价、水市场。

c. 生态环境系统水平衡研究。水资源优化配置一个重要的前提条件就是要保证生态环境用水。国外曾经有人提出,开发利用量最好不要超过河道来

水的25%。作者从我国降水年内分配不均出发,提出开发限度以不超过河道年来水量的40%为宜,即在维持河道最小水流的前提下,可开发利用部分汛期来水。因此有专家提出用控制断面下泄流量法来计算河道生态环境用水。我国地域辽阔,自然条件千变万化,河道所处的位置、控制断面以上的面积、上下游用水情况都不同。因此,在决定控制断面下泄流量时,一定要多方比较,因地制宜。同样条件下,干流比支流的下泄比例可小些;干旱地区比湿润地区同样河流下泄水量比例要大些;下游用水量大的河流比下游用水量小的河流要大些等等。水资源可开发量的具体确定,应根据具体的时间、地点和条件,既要考虑当前的实际需要也要考虑未来发展的需要,在水资源科学规划和经济社会发展规划的框架下统筹兼顾。

水资源学还是一个极为年轻的学科,在水科学面临种种悖论的条件下,表现出勃勃生机。人们思想也正在实现从工程水利和传统水利向资源水利和现代水利转变。在21世纪特别是“十五”期间,水资源学肩负着自己的历史重任,需要为构建可持续发展的中国水资源安全保障体系服务。这一体系至少包括5个方面,即水资源节约体系、市场体系、科技体系、管理体系和宣传教育体系。

水资源学研究的特点是与水资源实践紧密结合,在实践中不断丰富、发展和完善,并将逐步形成自己完整的学科体系——水资源科学。

参考文献:

- [1] 包浩生,等.自然资源学导论[M].南京:江苏教育出版社,1993.
- [2] 孙鸿烈,等.中国资源科学百科全书[M].北京:中国大百科全书出版社,2000.
- [3] 顾浩.中国治水史鉴[M].北京:中国水利水电出版社,1997.
- [4] 陈家琦,等.水资源学概论[M].北京:中国水利水电出版社,1996.
- [5] 水利电力部水文局.中国水资源评价[M].北京:水利电力出版社,1987.
- [6] 熊怡,等.中国的河流[M].北京:人民教育出版社,1989.
- [7] 陈传友,等.西南水资源开发战略研究[M].北京:科学技术出版社,1991.
- [8] 王大纯,等.水文地质学讲座[M].北京:地质出版社,1958.
- [9] 国际环境与发展研究所.世界资源[M].北京:能源出版社,北京大学出版社,1987~1991.
- [10] 封志明,等.资源科学论纲[M].北京:地震出版社,1994.
- [11] 刘善建.人口·粮食·水[J].水资源论坛,1997(2): 9~23.

(下转第39页)

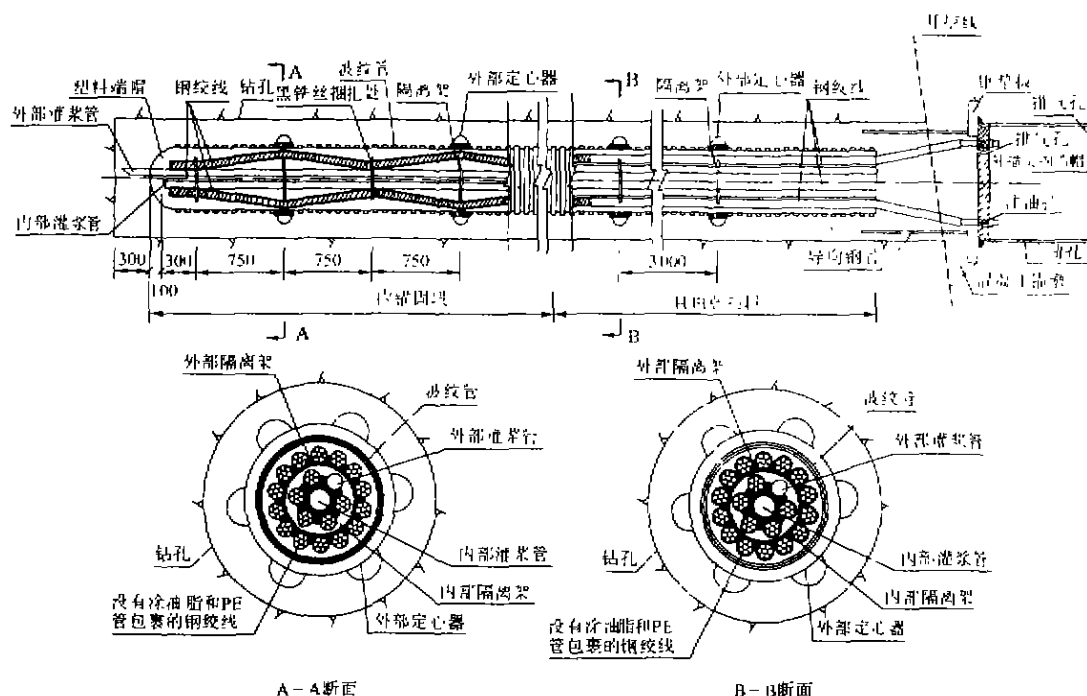


图1 锚索剖面

受施工干扰及地下水的影响,日平均进尺为1.0 m。桩井开挖中采用喷混凝土、短锚杆、挂网及型钢支撑的方法保证施工安全。开挖完成后,分节安装钢筋笼,每根桩钢筋平均70t,浇注C40混凝土。

3 结 语

消力塘于1998年6月底投入运行,运行后的观测成果表明,整个消力塘的开挖支护设计及施工组

织设计是合理的,上游边坡采取的加长锚索和抗滑桩等措施也是非常有效的,不仅满足了施工期消力塘边坡的稳定要求,同时也满足了消力塘投入使用后的安全运用要求。实践证明,合理的开挖、边坡支护设计与施工,对消力塘及整个泄水建筑物的安全运用起到了重要作用,对其它工程的设计与施工也有一定的参考价值。

(收稿日期:2000-09-27 编辑:张志琴)

(上接第6页)

- [12] 陈传友,等.水资源与可持续发展[M].北京:中国科学技术出版社,1999.
- [13] 陈家琦.浅谈“水资源”和“水资源学”[J].水问题论坛,1994(3):15~19.
- [14] 曹凤中,等.环境与可持续发展[M].北京:中国科学技术出版社,1999.
- [15] 孙广文,等.地球与环境科学导论[M].北京:中国科学技术出版社,1995.
- [16] 温克刚,等.气象与可持续发展[M].北京:中国科学技术出版社,1999.
- [17] 王春元,等.水资源经济学及其应用[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [18] 石玉林,陈传友.资源——资财之源[M].济南:山东教育出版社,2001.
- [19] 汪恕咸.资源水利的理论内涵和实践基础(节录).水利水电科技进展,2000,20(2):1.
- [20] 福地崇生.水资源的经济学[J].陈善译.水利水电科技进展,2001,21(3):64~66.

(收稿日期:2001-10-26 编辑:马敏峰)

(上接第21页)

参考文献:

- [1] 王式功.沙尘暴研究进展[J].中国沙漠,2000,20(4):349~356.
- [2] Pyke K. Aolian dust and dust depos[M]. London: Academic Press Inc Ltd,1987.113~126.
- [3] 史培军,严平,高尚玉.我国沙尘暴灾害及其研究进展与展望[J].自然灾害学报,2000,9(3):71~77.
- [4] 吕文.三北地区沙漠化成因及其防治对策[J].防护林科技,2001(1):28~31.
- [5] 刘树坤.我国西部大开发中的灾害与生态环境问题[J].水利水电科技进展,2000,20(5):2~5.

(收稿日期:2001-03-26 修回日期:2002-04-10 编辑:熊水斌)

