

中国水资源供需现状和展望*

梁瑞驹 杨小柳 王 浩

(中国水利水电科学研究院, 北京, 100044)

【摘 要】 根据我国 1949、1980、1993 年的工业、农业、城市生活用水和总用水量资料, 分析了全国水资源供需现状, 对不同地区供水量的增长、供水水源构成和用水结构的变化进行了剖析. 还分析了影响水资源需求增长的人文、经济和社会因素, 并对 21 世纪水资源总量、未来全国各流域的水资源配置方案作了预测, 并在此基础上提出了解决未来水资源短缺的政策建议.

【关键词】 水资源 供需现状 供需展望 21 世纪

水资源在国民经济发展中的基础地位, 决定了它的开发利用保护程度和状况成为国家综合国力的重要组成部分, 成为国家经济和发展水平的标志. 为了全面贯彻江泽民主席关于开源与节流并重的水资源开发利用方针, 有必要根据我国水资源现状和未来需求加以预测和判断.

1 水资源供需现状

我国多年平均年降水总量 61 889 亿 m^3 , 其中有 45% 转化为地表和地下水资源, 55% 耗于蒸发量. 多年平均年径流总量 27 115 亿 m^3 , 地下水资源量 8 288 亿 m^3 . 扣除重复计算量, 多年平均年水资源总量为 2 8124 亿 m^3 , 其中, 河川径流为主要部分, 约占 94.4%.

据 1993 年统计资料, 全国人口 11.73 亿, 其中市镇人口占 24%; 全国耕地面积约 1 亿 hm^2 , 人均耕地 0.08 hm^2 ; 有效灌溉面积 0.5 亿 hm^2 , 人均 0.04 hm^2 ; 全国工业总产值 4.78 万亿元, 农业总产值 1.57 万亿元, 国内生产总值(GDP)2.7 万亿元.

1949 年全国总用水量约 1 030 亿 m^3 , 1980 年达到约 4 500 亿 m^3 , 1980 年比 1949 年增长了约 4.6 倍. 其中, 农业用水增长约 4 倍, 达到 3 900 亿 m^3 , 占总用水量的 88%; 工业用水量增长 22 倍, 约 490 亿 m^3 , 占总用水量的 11%; 城市生活用水量增长 8.2 倍, 约 45 亿 m^3 , 占总用水量的 1%. 1993 年全国总用水量达到 5 200 亿 m^3 (按照供水和用水统计, 两者有所不同, 故取平均值), 比 1980 年增长了 10%. 其中农业用水 4 155 亿 m^3 , 占总用水量的 78.4%, 比 1984 年仅增加 6.5%; 工业用水 910 亿 m^3 , 占总用水量的 17.4%, 比

1980 年增加 86%; 城镇生活用水 240 亿 m^3 , 占总用水量的 4.6%, 比 1980 年增长 3.3 倍左右.

在 1993 年供水总量 5 200 亿 m^3 中, 地表水 4 210 亿 m^3 , 占 80.6%; 江河间调水 100 亿 m^3 , 占 1.9%; 地下水供水 864 亿 m^3 , 占 16.5%; 污水再利用和其它供水量仅占 0.9%.

1993 年用水量比 1980 年净增 792 亿 m^3 , 年均增长 61 亿 m^3 , 年增长率为 1.27%. 其中, 北方地区由于资源不足, 仅增加 288 亿 m^3 , 占 36.4%; 南方地区增加 504 亿 m^3 , 占 63.6%.

至于在供水量增长及供水水源的构成方面, 各地区有所不同. 北方干旱和半干旱地区, 即: 松辽委、海滦河、黄河和内陆河等流域片, 1993 年供水量比 1980 年增加 290 亿 m^3 , 年平均增长 22 亿 m^3 , 年增率不足 1%. 增加的水量中, 主要是地下水, 它占总供水量的比重由 1980 年的 30.8% 上升到 1993 年的 36.1%. 南方地区 (长江、珠江、华南诸河、东南诸河、西南诸河等流域片) 1993 年的总供水量比 1980 年增加近 500 亿 m^3 , 年增长率 1.5% 左右, 增加的主要部分是地表水供水量; 地下水开采量只略有增加, 它占总供水量的比重从 1980 年的 3.5% 上升到 4.1%.

在 5 200 亿 m^3 的总供水量中, 城镇生活用水约 185 亿 m^3 , 占全国总用水量的 3.5%; 工业用水量约 760 亿 m^3 , 占 14.5%; 农村生活用水约 245 亿 m^3 , 占 4.6%; 农业灌溉用水约 3 810 亿 m^3 , 占 73.8%; 林牧渔菜用水约 200 亿 m^3 , 占 4.6%.

用水结构也有变化, 城镇生活和工业用水, 从 1980 到 1993 年, 13 年内净增 618 亿 m^3 , 前者的年增

长率为 10.1%，后者则为 5.4%；农业用水量从 1980 年的 3 900 亿 m^3 到 1993 年的 4 155 亿 m^3 左右，净增 215 亿 m^3 ，年增长率不到 0.3%。

在农业用水中，灌溉用水略有减少，林牧渔菜用水略有增加，但总量增长不多。农业灌溉用水占总用水量的比重由 1980 年的 80% 左右下降到 73.8%；而工业和城镇生活用水则有较大增长，占总用水量的比重由 1980 年的 11% 左右提高到 1993 年的 17.8%。其中，长江以南地区，工业用水年均增长率为 3.9%，城镇生活用水为 10.6%；北方缺水地区，工业用水年均增长率为 3.9%，而城镇生活用水则为 9.1%。

至于用水效率方面，工农业有很大差异。工业用水重复利用率从 1980 年的 25% 左右上升到 1993 年的 50% 左右。北方缺水地区重复利用率一般可达 60% 左右，京、津、太原、大同、胶东半岛等地区甚至可达 75%，与发达国家相距不远。但农业用水效率亟待提高，渠系利用系数仅为 0.45 左右，单方水粮食生产效率仅为 0.85 kg。

目前我国主要缺水地区包括：海河片的京津地区、河北中部南部地区、大同一朔州地区；淮河片的山东半岛、南四湖地区；松辽片的辽中南地区；黄河片及内陆河片的河西走廊、关中平原、太原盆地、塔里木盆地；长江片的四川盆地、鄂北山区、衡邵丘陵区、南阳盆地、吉泰盆地；以及沿海大中型城市和若干东南沿海岛屿。

在现状用水水平下当出现中等干旱情况时，全国需水量约为 5 500 亿 m^3 ，估计缺水量为 250 亿 m^3 左右。如果考虑地下水超采和超标污水等不合理供水因素，全国缺水量应在 300~400 亿 m^3 之间，其中仅城市缺水一项就达 60 亿 m^3 。

2 21 世纪水资源供需展望

到 21 世纪中叶，我国人口将增加至 15.5 亿左右。经济上，按人均计算要达到当时发达国家的水平，粮食生产要保证基本自给；为解决农村富裕劳动力就业并节约土地，以及为改善农村的能源交通教育医疗等条件，城镇化率将有较大幅度提高。因此对水资源的需求在总量上和区域集中程度上均相应地有大幅度提高。

影响需求增长的内因是人口增长和经济发展的总量规模，两者在不同的发展阶段具有不同特点。从而决定了未来长期过程中需水增长具有一定的阶段性特点。根据人口增长与经济发展的基本格局对其阶段性特点合理判断，可以推测需求增长的未来变化趋势的基本格局。

但是除了内在驱动因素外，未来需水增长还受到外部条件诸如：水资源条件（如水资源的时空分布、区

域内可供水量、工程技术水平和资金投入强度）、水市场发育和发展（如水价政策）、水管理政策（如取水许可制度、水资源管理年报制度、水资源费制度、累进制水价和节水奖励政策）等外部因素的制约。

采用人口与宏观经济数学模型以及近期实测数据指标，借鉴发达国家相应发展阶段的指标特征，在技术路线上，以驱动需水增长的内因作为推测依据，以影响需水增长的外部条件作为合理性判断准则，对预测结果加以检验反馈和修正。

具体来说，在人口预测中，采用 1990 年我国第 4 次人口普查数据建立动态的人口模型，分省区考虑人口出生率、死亡率、育龄妇女年龄结构及总和出生率、城乡迁移率、省际迁移率等因素，预测从现状起到 2050 年的人口及其地区分布；在经济发展预测中，采用 1992 年全国投入产出表及相关数据，考虑了不同经济部门间的投入—产出关系、不同地区间的物流调入—调出关系和不同年度间的消费—积累关系，并考虑了经济发展过程中投入产出系数的变化趋势。据此，预测从现状起到 2020 年的国内生产总值和工业总产值，再利用不同发展阶段的稳定结构特征，借鉴发达国家相应发展阶段的历史经验数据类比外延，从而预测 2050 年的主要经验发展指标。

为了提高需水增长预测的可靠性，推断了需水增长到一定程度后将出现相对稳定点的科学假设，根据预测的相对稳定点，经过从现状到相对稳定点之间的需水增长趋势的合理性分析，可得到各阶段需水的预测值。根据经济发展的战略目标和产业政策、农业及灌溉面积的远景规划、城市农村工农业用水定额的发展趋势、人口政策及人口年龄结构、城镇发展现状和发展趋势、粮食需求规律，并借鉴国外发达国家的经验，判断 2050 年前后我国的需水总量增长将出现的相对稳定点。到 2050 年的相对稳定点上，我国人口将达到 15.5 亿，城镇比率 60%，人均 GDP 5 100 美元，人均工业总产值 2.75 万美元；城镇生活人均用水定额 285 L/d，农村生活人均用水定额 154 L/d；工业用水重复利用率 75%，工业综合万元产值取用水定额 700 m^3 /万元；灌溉面积 0.6 亿 hm^2 ，每公顷单产为水田 12 045 kg、水浇地 6 855 kg、旱地 2 805 kg，平均单方水粮食生产效率 1.25 kg；灌溉渠系有效利用系数 0.60；中等干旱情况下，水田公顷均灌溉水量 10 500 m^3 ，水浇地 5 205 m^3 ；林牧渔菜用水每年 14~19 m^3 ；全国需水总量 7 645 亿 m^3 。全国及各流域需水总量预测（1993~2050 年）见表 1。2050 年全国及分流域水资源配置方案见表 2。

表 1 需水总量预测(1993~2050 年) 亿 m³

流域片	需水项	1993 年	2010 年	2020 年	2030 年	2040 年	2050 年
全国	城市生活	183	487	650	778	872	906
	农村生活	245	377	379	374	355	336
	工业	761	1 491	1 795	2 133	2 308	2 318
	灌溉	3 910	3 843	3 645	3 851	3 837	3 825
	林牧渔菜	201	3 237	254	264	264	260
	小计	5 300	6 435	6 723	7 400	7 636	7 645
松辽河	城市生活	21	48	60	65	70	70
	农村生活	17	26	25	25	25	25
	工业	79	142	165	185	205	205
	灌溉	355	385	390	395	395	400
	林牧渔菜	19	21	24	25	25	25
	小计	491	622	664	695	720	725
海滦河	城市生活	20	54	70	90	100	105
	农村生活	18	29	30	28	25	23
	工业	67	112	118	120	120	120
	灌溉	307	275	275	270	270	265
	林牧渔菜	16	20	20	20	20	20
	小计	428	490	513	528	535	535
淮河	城市生活	17	65	85	105	115	120
	农村生活	40	55	53	50	50	45
	工业	72	160	195	225	235	235
	灌溉	530	495	480	480	470	470
	林牧渔菜	32	35	37	40	40	40
	小计	691	810	850	900	910	910
黄河	城市生活	10	30	40	50	55	60
	农村生活	15	27	29	29	27	25
	工业	52	105	122	140	145	145
	灌溉	320	340	340	340	340	340
	林牧渔菜	10	12	13	13	13	13
	小计	407	514	544	572	580	583
长江	城市生活	64	157	217	255	300	310
	农村生活	84	137	142	145	136	125
	工业	298	517	632	755	835	840
	灌溉	1 246	1 220	1 235	1 235	1 235	1 240
	林牧渔菜	64	74	80	82	82	80
	小计	1 756	2 105	2 305	2 470	2 685	2 595
珠江	城市生活	36	92	124	147	159	163
	农村生活	45	64	60	57	54	48
	工业	130	290	364	483	529	530
	灌溉	478	415	414	412	410	410
	林牧渔菜	20	26	28	29	29	29
	小计	709	887	990	1 128	1 180	1 180
东南诸河	城市生活	10	27	35	43	48	51
	农村生活	17	23	23	23	21	20
	工业	46	115	134	147	151	152
	灌溉	220	178	174	174	171	171
	林牧渔菜	9	11	11	12	12	11
	小计	302	354	377	400	403	405
西南诸河	城市生活	1	4	6	8	9	10
	农村生活	4	7	8	8	8	7
	工业	3	10	15	21	28	31
	灌溉	58	77	77	77	78	78
	林牧渔菜	6	7	7	8	8	8
	小计	72	105	113	122	131	134
内陆河	城市生活	4	10	13	15	16	17
	农村生活	5	9	9	9	9	8
	工业	14	40	50	57	60	60
	灌溉	396	458	460	468	468	465
	林牧渔菜	25	31	34	35	35	34
	小计	444	548	566	584	588	584

表 2 2050 年水资源配置方案构想 亿 m³

流域片	地表供水	地下供水	处理回用	外调水	供水总量
全国	5 805	1 155	250	435	7 645
松辽河	458	240	27	0	725
海滦河	173	172	65	130	535
淮河	428	212	63	207	910
黄河	314	141	32	96	583
长江	2 380	174	38	3	2 595
珠江	1 120	50	8	2	1 180
东南诸河	369	32	4	0	405
西南诸河	128	5	1	0	134
内陆河	440	133	11	0	584

3 政策建议

3.1 建立水资源核算体系

水资源核算体系是可持续发展战略在水资源领域内实现量化工具,也是改革水价体系和水投资体系的基础。随着发展经济学、资源经济学和环境经济学的崛起和发展,计算机技术的普及,建立和发展水资源核算体系的条件已经成熟。水资源核算体系包括:统计口径指标体系和统计报表的设计、水资源核算卫星帐户与国民经济体系的接口、水利产业分类投入产出的分析、单位需水量参数分类和分区标准的制订、一体化的水资源统计体系纳入国民经济统计体系和实施方法的制订等。在分流域和分行政区的中长期供需计划业已初步制订的基础上,通过有关部门的协作,补充城市供水、城市节水、污水处理、生态环境用水以及投资与效益等方面的资料,制订和完善相应的技术规范。同时,应在部门内进行水资源和水环境会计的试点。

3.2 建立面向可持续发展的水价体系

21 世纪水资源管理的重要方面包括水价管理和改革不合理的水价体系。不合理的水价体系导致宏观层次上的国有资产的巨额流失,部门层次上的水相关产业难以为继和用户层次上的用水浪费,总之,阻碍了水资源基础产业的深化改革。首先是确定目标水价,明确水价是由资源所有权、资源开发利用成本、市场供应关系三者组成。资源所有权由水资源费体现,资源开发利用成本包括水文监测、水源保护、水源工程、城乡供水工程、排水系统和污水处理系统等直接成本和间接成本;市场供求关系反映了稀缺资源的竞争性利用原则,水资源使用者对于由于减少当代人以及后代人的潜在利用机会应付出补偿。在明确水价的计算原则后,可以从宏观经济学角度,利用投入产出模型或可计算一般均衡模型,计算出理论水价;再从会计学角度算出

水文学研究与进展*

夏 军

(武汉水利电力大学, 武汉, 430072)

【摘 要】 水文学是水利水电工程建设与管理的一门基础学科. 主要研究自然界水的运动变化, 包含涉及地球水圈~生物圈~大气圈各种尺度的水文循环过程及其对自然环境和人类社会影响的相互作用关系. 自然界中发生的洪水与干旱灾害及全球变化影响、与人类生存社会经济可持续发展有密切联系的水资源水环境等“水”的问题, 是水文学研究与应用的主要对象. 对近年来国际水文科学的研究与进展进行了概述, 其中包括有关全球变化研究、流域水文模拟和洪水预报预警系统、水的问题和社会可持续发展等专题, 并提出了几点认识和体会.

【关键词】 水文学 气候变化 洪水预报 可持续水资源管理

1 引 言

水文学是研究自然界水的科学, 它包含涉及地球水圈~生物圈~大气圈各种尺度的水文循环过程及其对自然环境和人类社会影响的相互作用关系. 它涉及地表水、地下水、陆地侵蚀与泥沙、冰雪、水质、水资源系统、水文遥感及资料传输、大气~土壤~植被关系和水文示踪等各方面, 覆盖面之广、联系领域之多, 说明水文科学的重要性和它的实际应用意义.

在过去的几十年里, 国际水文科学发展较快且十分活跃. 由联合国教科文组织国际水文计划(UN-ESCD-IHP), 国际科学联盟理事会(ICSU)国际水文科学协会(IAHS)和世界气象组织(WMO)等实施了一系列国际水科学计划, 如国际水文十年(IHD), 国际水文计划(IHP), 世界气候研究计划(WCRP), 全球能量和水循环试验项目(GEWEX), 和国际地圈生物圈计划(IGBP)等. 另外, 每隔 4 年召开一次的国际大地测量及地球物理学联合大会(IUGG)是世界性地球科

全成本水价, 统一理论水价与全成本水价得到目标水价; 然后进一步制订目标水的收费体系, 逐步改变目前水资源费水费排污费分别收费的状况. 在研究水价价位与国民经济价格体系的相对合理性, 测算水价调整的社会承受能力和城镇居民承受能力的基础上, 制订与实施水价调整策略.

3.3 向一体化的水资源体系过渡

广义的水资源管理, 涉及需水管理、供水管理、水质管理、水价管理、水投资体系管理、水固定资产经营管理体系以及水行政管理体制. 统一以流域为基础的水管理事权, 建立水务局统管城镇与水有关的各项事业是十分必要的.

3.4 建立节水奖惩机制

在不同的地区, 根据地区特点, 制订合理的用水标准, 建立根据用水标准进行用水及耗水的量测与监控体制, 实行节约用水有奖和用水水价累进制度和浪

费水罚款制度, 大力扶持设施的研制投资和推广应用.

3.5 现代企业制度特点的水投资体系的试点

通过水价调整和加强政府管理职能, 形成以国有资产为主的区域性水资源综合利用产业集团, 以产业集团为业主, 以流域整体开发和利用为基本内容, 多渠道融资, 发挥中央、地方和社会各方面的积极性, 滚动开发, 逐步扩大产业集团.

* 参加本文工作的还有中国水利水电科学研究院陈敏建、汪党献、沈大军、张象明、马滇珍、贺伟程、甘泓、肖玉泉、刘玉龙等.

【作者简介】 梁瑞驹, 男, 64 岁, 院长, 教授, 博士生导师.
杨小柳, 男, 40 岁, 所长, 教授, 博士, 博导.
王 浩, 男, 45 岁, 总工, 教授, 博士, 博导.

(收稿日期: 1998-07-26 责任编辑 聂建平)