

水资源评价论文集



水利部水文司 编

水利电力出版社

前 言

历时 5 年的第一次全国水资源调查评价工作, 于 1985 年按预定计划胜利结束了。这次评价动员了一千多名技术人员, 处理分析了水文部门等积累的几十万站年水文、气象和水文地质等方面的资料, 得出了全国水资源的数量、质量和时、空分布规律, 为农业区划、水资源合理利用分析及有关部门的需要提供了依据。这次评价涉及了大气水、地表水、地下水、水化学、水污染等多方面的内容, 在一定程度上反映了我国在水文站网布设、水文测验技术、资料分析整理方法、水文水资源调查和分析计算等工作的水平, 是对过去工作的一次较全面系统地回顾和检查。

水资源评价在我国既是一项新任务, 又是一项老的工作。在 50 年代就有的单位或专家做过全国河川径流—地表水资源、地下水资源、大气降水等单项目的估算工作。作为全面、系统地全国水资源评价, 这还是第一次, 尚没有可以遵循的标准模式和现成经验。从而在评价工作中必定会遇到不少新、老问题, 需要解决或处理。比如, 在原始资料处理方面, 我们就澄清、核实了不少数据, 更正了错误, 尤其是查证了一些特征值; 在过去收集较少的工、农业和城市生活用水资料方面, 做了大量的调查工作, 不仅补充积累了这方面的资料, 还还原了受人类活动影响的径流系列, 而且还提出了分析检查用水资料, 或者说检查水文系列还原合理性的一系列适用于不同情况的方法, 使还原后的径流系列更接近天然状态, 也为供需平衡分析提供了较可靠的用水数据; 在冰期水面蒸发观测的折算系数方面, 根据在评价过程中临时布置的不同口径蒸发器的观测实验, 更正了长期认为 $\phi 20\text{cm}$ 蒸发皿冰期折算系数等于 1 的概念。在地下水方面, 根据水利部门积累的大量地下水动态观测和实际开采资料, 提出了较接近实际情况的水文地质参数值, 从而修正了教科书中的一些数值; 对给水度也有了新的认识, 提出了可变给水度的概念和一些新的计算公式。在“三水”转化和水资源总量的估算方面, 也做了大量工作, 制定了较为合理的计算模型和在不同情况下扣除重复计算量的方法。水源污染本身是一项新课题, 评价中根据近年的监测调查资料, 对我国的江河水体污染情况做出了较全面的评价, 促使有关方面注意并尽快采取措施, 制止水源污染的发展。

本文集即根据大家在评价工作中积累的经验, 选择有代表性的文章加以汇总编辑而成。参加编辑的人员有杨景斌、金栋梁和王凤岐。因水平所限, 不当之处, 请指正。

水利部水文司

1988 年 1 月

目 录

前 言

中国水资源评价概述·····	焦得生 杨景斌 贺伟程 金懋高 (1)
中国年径流地区分布规律的探讨·····	陈满祥 (13)
谱系群分析在水文分区中的应用·····	唐一清 (21)
北方山丘区年径流还原计算·····	王焕榜 贺伟程 (30)
半干旱、半湿润地区平原地表水资源的估算方法及今后设想·····	乔翠芳 王焕榜 (35)
长江流域的径流分析方法·····	金栋梁 (46)
长江流域降水、径流的偏差系数与变差系数的倍比问题·····	杨远东 (57)
山西省水文下垫面与河川径流特征·····	张履声 叶寿征 周明衍 (67)
东桥园水文站径流还原计算·····	李成惠 (71)
还原水量的合理性检查·····	陈宝轩 (81)
藏北羌塘内陆区水资源量估算及径流深等值线图的绘制·····	陈同心 (86)
汉中地区蒸发、径流等值线图的绘制·····	李少华 侯明全 (89)
北方地区冰期蒸发折算系数的研究·····	辽宁省水文总站 (97)
流域蒸散发量计算方法的初步探讨·····	沈承珠 谭炳卿 (103)
水草腾发量的试验与分析·····	周黔生 孙芹芳 (110)
应用水文学方法推求河道渗漏补给量·····	陆中央 (114)
内陆区山前侧向地下径流的定性分析和定量计算·····	胡根善 (119)
内蒙古沙漠区大气凝结水补给作用的探讨·····	王世德 (128)
利用地中渗透仪观测资料分析水文地质参数·····	耿树德 (136)
变值给水度与地下水开采对总水资源影响的研究 ·····	<u>关 垣</u> 张海仑 张世法 曹万金 (148)
可变给水度的试验研究及其实用意义·····	赵家良 邵 正 (159)
潜水蒸发规律的分析研究·····	金光炎 张朝新 (169)
安徽省平原圩区潜水蒸发分析·····	吴镇中 高雅轩 (182)
土壤蒸发与潜水蒸发关系的初步试验分析·····	潘莹贵 庞锡俊 李琪杭 (195)
地下水资源评价中的几个问题·····	金光炎 (202)
洞庭湖平原区地下水资源初步分析·····	湖南省水文总站 (208)
洮儿河冲积扇不同保证率地下水资源评价·····	李 培 李柏峰 (218)
岩溶地区快慢速流地下水的划分·····	王敏夫 邓克难 (229)
黑龙江省山丘区地下水资源计算与分析·····	马 训 李秀珍 李滨江 (239)

福建省山丘区地下径流模拟原理和电算方法·····	杨家坦 朱卫平 (247)
云南高原区地下水资源计算的理论和方法·····	徐才俊 唐一清 (254)
对加里宁法(改进法)分割地下水方法的探索·····	郑继尧 (264)
水网平原区潜水排泄途径的初步研究·····	程松樵 (273)
长江流域大气水汽输送和水分循环·····	张有芷 (287)
长江流域湖泊水资源初步分析·····	王洪道 (298)
北京地区“三水”平衡分析·····	吴文桂 王金如 (306)
西安地区水资源现状及其开发利用前景·····	陈兆丰 (315)
浅评甘肃省水资源的优势与短缺现状·····	杨清武 (321)
舟山群岛水资源计算与评价·····	周黔生 马志鑫 (330)
水资源水质评价方法的探讨·····	屠鹤鸣 (337)
陆地卫星影象结合常规资料初步探索黄河流域产沙分布规律·····	支俊峰 (343)
浙江省河流水污染特点及其发展趋势·····	董祖德 王植尧 (351)
广西地表水质评价方法中的一些问题·····	叶邦汉 林惠珊 林煥鑫 (361)

中国水资源评价概述*

焦得生 杨景斌

(水利电力部水文局)

贺伟程 金懋高

(水利水电科学研究院水资源研究所)

(南京水文水资源研究所)

全国水资源评价自1980年开始。在各省、自治区、直辖市和各流域片的研究成果及水汽输送、湖泊水资源、冰川水资源、河流天然水化学等专题研究成果的基础上,汇总编写了全国水资源评价报告。本文概述了这一报告中的主要成果。

一、自然概况

我国位于北半球欧亚大陆的东南部,濒临西太平洋,南北共跨50多个纬度,东西共跨60多个经度,国土总面积960万 km^2 。境内地势西高东低,山地多平原少,高差悬殊,地貌类型多样,季风气候显著,这就决定了我国水资源在地区分布和时程分配上的不均匀性。

我国大陆上空平均年水汽输入总量约182000亿 m^3 ,输出总量约158000亿 m^3 ,净输入量约为24000亿 m^3 ,占输入总量的13%。其中南边界输入量占输入总量的42%,东边界输出量占输出总量的68%。东边界虽是输出为主,但年输入量仍大于北部和西部边界,占总输入量的24%,这对我国东部地区的降水起着重要作用。

我国大部分地区受东南和西南季风的影响,因而形成东南多雨,西北干旱的特点。全国年降水量呈由东南向西北递减的趋势。400mm年降水量等值线,从东北到西南,斜贯我国大陆,此线以西降水量较少,气候干燥,为我国主要牧业区。此线以东,湿润多雨,是我国主要农业区。台湾是我国降水量最多的地区之一,台湾东北部局部山地年降水量在6000mm以上。华南沿海降水量也较丰沛,年降水量在1600~2000mm,长江流域降水量在1000~1500mm,华北、东北为400~800mm。西北内陆地区降水明显减少,除山区外,一般在100~200mm以下,新疆塔里木盆地、吐鲁番盆地和青海的柴达木盆地年降水量不足25mm,是我国年降水量最少的地区。

我国河川径流量的分布趋势与年降水量基本一致。东南沿海山地径流深在800mm以上,而西北干旱地区在25mm以下,一些盆地、沙漠基本不产流。其分布和降水量一样有明显的地带性,按综合降水、径流、干旱指数等要素,可将我国概括为五个明显不同的地带(见表1)。

我国是一个多湖泊的国家,据统计,面积在1 km^2 以上的湖泊近2300个(不包括时令湖),湖泊总面积约71787 km^2 。其中外流河区的湖泊,以淡水为主;内陆河区的湖泊,咸水

* 本文曾在《水文》1986年第5期发表。

和盐湖居多。湖泊储水总量为7088亿 m³，其中淡水储量约2260亿 m³，占湖泊储水总量的31%。

我国是世界上中低纬度的山岳冰川最多的国家之一。现代冰川广泛分布在我国西北、西南诸省（区）。初步查明，中国冰川总面积约为58523km²，约相当于全球冰川覆盖面积（1620万 m³）的0.36%，其中约有63%分布在内陆河流域。冰川总储量约为51000亿 m³，冰川平均年融水量约560亿 m³，对干旱地区的河流有很好的调节作用，对我国西北干旱地区农、牧业生产和人民生活起着很重要的作用。

表 1 年降水、径流等要素综合分带表

降 水 分 带	年 降 水 量 (mm)	干 旱 指 数 r	径 流 系 数 α	年 径 流 深 (mm)	径 流 分 带	占国土面积的 %
十分湿润带	>1600	<0.5	>0.5	>800	丰 水 带	7.8
湿 润 带	800~1600	0.5~1.0	0.25~0.50	100~800	多 水 带	26.1
半湿润带	400~800	1~3	0.10~0.25	50~200	过 渡 带	18.6
半干旱带	200~400	3~7	<0.10	10~50	少 水 带	20.9
十分干旱带	<200	>7		<10	干 涸 带	26.6

二、地表水资源

地表水资源通常理解为河流、冰川、湖泊、沼泽等水体的动态水量，河川径流量综合反映了这一动态水量。

在年降水和年径流分析计算中，全国统一采用1956~1979年共24年的同步期系列。为使河川径流计算成果基本上能反映天然情况，并使资料系列具有一致性，对选用水文站的年径流实测系列进行了还原计算。还原项目包括灌溉用水、工业用水、城市生活用水、跨流域引水、河道分洪、大中型水库蓄水变量和水库蒸发损失等。

（一）分片年降水、年径流量

将全国划分为十大流域片（一级区）和七十七个二级区，作为全国成果的基本单元。分区尽可能既保持河流水系的完整性，又能反映水资源条件的地区差别，大江大河分段，自然条件相近的小河适当合并。

根据各省、自治区、直辖市和各流域片的分析计算成果，汇总求得全国平均年降水量为61889亿 m³（折合降水深为648mm）；全国平均年径流量 27115 亿 m³（折合径流深为284mm）。全国年径流量最大的一年是1973年，为32490亿 m³，最小的一年是1978年，为23770亿 m³。

我国降水量的地区分布很不均匀，径流量在地区上的差别更大。浙闽台诸河片平均年降水量高达1758mm，年径流深为1066mm；内陆诸河片平均年降水量只有154mm，年径流深仅32mm。前者的年降水量为后者的11.4倍，而年径流深为后者的33.3倍。在全国三十个省（自治区、直辖市）中，年径流深最大的是台湾，达1770mm，次大的广东为

395mm；年径流深最小的是宁夏，仅16.4mm，次小的内蒙也只有32.2mm。年径流深最大的为最小的108倍。全国各流域片的年降水、年径流成果见表2。

表 2 全国各流域片年降水、年径流成果表

流 域 片	平均年降水量		平均年径流量		不同频率年径流量(10^9m^3)			
	mm	10^8m^3	mm	10^8m^3	$P=20\%$	$P=50\%$	$P=75\%$	$P=95\%$
黑 龙 江	195.5	1176	129.1	1166	111.1	111.9	863	583
辽 河	551.0	1901	144.1	487	60.1	132	380	273
海 滦 河	559.8	1781	90.5	288	38.0	168	199	130
黄 河	161.1	3691	83.2	661	768	639	569	470
淮 河	859.6	2830	225.1	741	1090	689	196	296
长 江	1070.5	19360	526.0	9513	10559	9177	8656	7610
珠 江	1511.3	8967	806.9	4865	5399	4640	4130	3380
浙闽台诸河	1758.1	4216	1066.3	2557	3069	2507	2097	1611
西南诸河	1097.7	9346	687.5	5853	6139	5653	5380	4741
内陆诸河	153.9	5113	32.0	1064	1134	1060	1001	947
附：额尔齐斯河	394.5	208	189.6	100	121	97	78	56
全 国	648.1	61889	281.1	27115	29010	27110	25190	23590

通过主要江河资料系列比较长的控制站的长、短年径流系列对比分析（无水文站控制地区用雨量站代表），得到以下几点认识：

(1) 就全国年径流总量系列而言，1956~1979年系列有较好的代表性，这24年平均年径流量比长系列成果只偏小5%。

(2) 全国各地区的河流，1956~1979年系列的代表性是不同的。北方各河流24年系列均值一般偏丰5~10%，南方各河流24年系列均值一般偏枯2~5%。西部地区24年系列具有较好的代表性。

(3) 从主要江河控制站长、短系列的适线结果来看，枯水年预估值的差别比均值差别要大一些，北方河流比较突出。

(二) 水资源的多年变化

水文现象是一种带有周期性的随机时序系列，分析它的多年变化过程，对于水资源评价时选择统计样本具有重要的实际意义。水资源的多年变化过程可以用年降水、年径流的丰枯变化规律和连丰连枯来反映。

1. 丰枯变化周期 分析丰枯变化周期需要有相当长的资料系列，目前我国最长的资料系列也仅有100年左右，对分析周期变化是不充分的。现根据全国53个长系列站的年降水和年径流资料，用模比系数差积曲线分析结果，初步认为其丰枯变化周期大致可归纳为三种类型：①有比较明显的60~80年长周期；②有比较明显的30~40年短周期；③没有明显的周期规律。

上述三种多年变化过程，没有明显的地区分布规律。全国的长周期不是同步的，南北大约相差半个周期，即北方处于上升段时，南方则处于下降段，而北方处于下降段时，南方则处于上升段。

2. 连丰、连枯期 选用长系列资料进行频率分析计算, 以频率 $P < 37.5\%$ 的年份为丰水年, $P > 62.5\%$ 的年份为枯水年。按此标准判别出系列中的丰水年和枯水年, 然后挑选出连续年数最长且均值最大的连丰期和均值最小的连枯期, 并计算连丰、连枯期平均年径流量与多年平均径流量的比值 $\bar{K}_{\text{丰}}$ 和 $\bar{K}_{\text{枯}}$ 。从分析结果可知, 北方河流的连丰、连枯期一般比南方河流要长, 年径流偏离多年平均值的程度大。

(三) 主要江河年径流量

这次评价选择流域面积较大和具有地区代表性的江河及其一级支流共70条, 其中属于外流区域的有62条, 属于内流区域的有8条。主要江河年径流量的计算, 是以河流控制站的实测径流资料为基础, 通过还原计算和未控区径流量的估算, 然后求得全流域的年径流总量, 对于流域面积在20万 km^2 以上的长江、黄河、松花江、珠江、淮河、海河、辽河、雅鲁藏布江等八大江河, 凡是下游控制站有长系列流量资料的, 则根据长系列资料推求全流域多年平均年径流量。八大江河的多年平均年径流量见表3。

(四) 入海、出境、入境水量

我国外流区多数河流直接入海, 其集水面积达433万 km^2 , 约占外流区总面积的70%。

表 3 八大江河年径流量表

河 流 名 称	长 度 (km)	流域面积 (km^2)	多年平均 年径流量 (10^8m^3)	河 流 名 称	长 度 (km)	流域面积 (km^2)	多年平均 年径流量 (10^8m^3)
长 江	6300	1808500	9755	淮 河	1000	269283	611
黄 河	5161	752443	592	海 河	1090	263631	228
松 花 江	2308	557180	654	辽 河	1390	228960	126
珠 江	2214	453690	3360	雅鲁藏布江	2957	210480	1654

注 江河年径流量与分区年径流量有差别, 原因是采用的系列长度不同和干流蒸发、渗漏损失所致, 珠江还因为河川径流量中包括了国外入境的水量。

全国1956~1979年平均年入海水量17237亿 m^3 , 其中长江、珠江、浙闽台诸河三片入海水量占92%。入水量是河川径流流域内各种消耗后的剩余水量, 它与天然径流量相比, 可以大致反映河川径流量的开发利用程度。各流域片平均年入水量占天然年径流量的百分数为: 辽河流域片78%, 海滦河流域片56%, 黄河流域片62%, 淮河流域片80%, 长江流域片94%, 珠江流域片97%, 浙闽台诸河片94%, 由于用水量不断增加, 入水量有逐年减少的趋势, 北方河流尤为明显。

除了直接入海的河流外, 还有一些由我国一侧流入界河或直接流入邻国的河流。出境河流的总集水面积为194万 km^2 , 其中流入界河的集水面积为94.6万 km^2 , 占49%; 平均年出境水量为7318亿 m^3 , 其中流入界河水量1264亿 m^3 , 占17%。按流域片划分, 以西南诸河片的出境水量为最大, 占全国出境水量的79%, 其次为黑龙江流域片, 占15%。出境河流除少数几条的径流利用率较高外, 大多数河流的径流利用率很低, 甚至没有利用。

从国外流入我国境内的河流, 不计由国外一侧流入界河的水量, 平均年入境水量为172

亿 m^3 。其中流入内陆诸河片为 90.8 亿 m^3 ，占全国入境水量的 53%，对水资源不足的西北地区有重要意义。

三、地下水资源

全国地下水资源评价的对象是与降水和地表水体有直接水力联系的浅层地下水，重点评价矿化度小于 $2g/L$ 的淡水资源，以现状条件（即在现有水利工程施工运行条件下的地表水及地下水开发利用状况）为评价基础，评价方法是水均衡法。

（一）评价区的划分

为了正确计算地下水资源，首先按地形地貌特征将全国划分为山丘区和平原区，再按次级地形地貌特征、岩性及地下水类型，将山丘区划分为一般山丘区、岩溶山区和黄土高原丘陵沟壑区，将平原区划分为一般平原区、沙漠区、内陆闭合盆地平原区、山间盆地平原区、山间河谷平原区和黄土高原台塬地区。对各平原区，按水文地质条件划分为若干水文地质单元，再按包气带岩性及各水文地质参数，将各水文地质单元划分为若干均衡计算区。均衡计算区是地下水资源量的最小计算单元。

成果汇总分区可分流域汇总分区和行政汇总分区两种。成果汇总分区的划分与地表水资源评价分区一致。

（二）平原区地下水资源

利用水均衡法进行地下水资源评价的分项计算中，采用了潜水变幅带和包气带降水入渗补给系数、渠系渗漏补给系数、田间灌溉入渗补给系数、潜水蒸发系数及含水层渗透系数等水文地质参数。对于这些参数，各地都充分利用了 70 年代以来地下水动态观测资料及有关试验资料，采用多种分析方法综合确定。对短缺资料的地区，都结合当地岩性、地下水埋深等具体条件，对移用的有关经验系数作了适当修正。

我国北方（包括黑龙江、辽河、海滦河、黄河、淮河、内陆河等六片，下同）平原区与南方（包括长江、珠江、浙闽台诸河、西南诸河等四片，下同）平原区的资料条件和开发利用情况不同，计算方法亦不尽相同。

1. 北方平原地区地下水资源 北方平原区地下水计算面积为 $1799898 km^2$ ，地下水开发利用意义较大，资料条件较好，为检验计算成果的可靠性，计算了降水入渗、山前侧渗、河道渗漏、水库（湖泊、闸坝）蓄水渗漏、渠系渗漏及渠灌田间入渗和井灌回归等项补给量；同时计算了潜水蒸发、地下水实际开采、河川基流等项排泄量，以便进行补排平衡分析。各项补给量之和称总补给量，从总补给量中扣除井灌回归补给量为地下水资源量。

在各项补给量、排泄量计算中，降水量采用 1956~1979 年的均值，水面蒸发量为 E 601 型蒸发器或相当于 E 601 型蒸发器年蒸发量的多年（一般为 10 年以上）均值，地表水引水量、地下水实际开采量、灌溉面积和地下水埋深等资料，采用 70 年代以来的多年平均值或接近平水年的资料。

北方平原区平均年地下水资源量为 1468 亿 m^3 。其中，降水入渗补给量为 764 亿 m^3 ，占 52%；地表水体渗漏补给量（渠系渗漏、渠灌田间入渗、河道渗漏、湖泊水库闸坝蓄水渗

漏及人工回灌等项补给量之和,下同)为599亿 m^3 ,占41%。因此,降水和地表水体同为北方平原区的主要补给来源。但各地差别较大,松嫩—三江平原、辽河平原和黄淮海平原的降水入渗补给量占地下水资源量的70%以上,地表水体渗漏补给量占20%以下;内陆河片平原降水入渗补给量占8%以下,而地表水体渗漏补给量占70%~80%。

北方平原区平均年地下水总排泄量为1530亿 m^3 。其中,潜水蒸发量为844亿 m^3 ,占55%;实际开采量为366亿 m^3 ,占24%;河道排泄量242亿 m^3 ,占16%。

为评价北方平原区地下水可开采条件,本次地下水资源评价还进行了可开采量计算。多数地区采用可开采系数法确定可开采量。经计算,平均年地下水可开采量为1035亿 m^3 ,约占相应地区平均年地下水资源量的70%。

2. 南方平原区地下水资源 南方平原区地下水计算面积为183904 km^2 ,资料条件较差。目前仅部分地区开发利用地下水,主要计算了各项补给量,排泄项中重点计算了潜水蒸发量。

各项补给量及潜水蒸发量计算分水稻田和旱地两种情况,水稻田又分生长期(包括泡田期)和旱作期两个阶段。其中,水稻田生长期,田面呈积水状态,不计算潜水蒸发量。

经计算,南方平原区平均年地下水资源量为405亿 m^3 。其中,降水入渗补给量为292亿 m^3 ,占72%;地表水体渗漏补给量为113亿 m^3 ,占28%。平均年潜水蒸发量为119亿 m^3 。

(三) 山丘区地下水资源

全国山丘区地下水计算面积为6790906 km^2 ,占全国地下水计算面积的77%。山丘区地下水资源是根据各项排泄量进行计算的。

河川基流量是山丘区地下水资源的主要部分,采用分割逐日河川径流过程线的方法确定,共选用了1589个水文站。部分地区还估算了河床潜流量、山前侧向流出量,但未计入河川径流的山前泉水出露量、河谷阶地的潜水蒸发量及地下水实际开采量的净消耗量等。

经计算,全国山丘区平均年地下水资源量为6762亿 m^3 ,其中河川基流量占97.6%。

(四) 分区地下水资源量

如上所述,山丘区与平原区地下水资源量是分别计算的,在计算包括山丘区和平原区的分区地下水资源量时,应扣除两者之间的重复计算量。山丘区地下水中的山前侧向流出量就是平原区地下水的山前侧渗补给量,山丘区河川基流量补给平原区地下水的补给量,都是山丘区与平原区地下水资源量间的重复计算量。各流域片山丘区、平原区地下水资源量及其重复计算量成果见表4。

全国山丘区平均年地下水资源量为6762亿 m^3 ,平原区平均年地下水资源量为1873亿 m^3 。其重复计算量为348亿 m^3 ,全国平均年地下水资源量为8288亿 m^3 。

地下水资源量的地区分布主要受降水影响,和地表水资源一样,也是南方多,北方少。北方地下水计算面积为5345353 km^2 ,占全国地下水计算面积的61%,平均年地下水资源量为2551亿 m^3 ,占全国地下水资源量的31%;南方地下水计算面积为3429355 km^2 ,占全国地下水计算面积的39%,平均年地下水资源量为5737亿 m^3 ,占全国地下水资源量的69%。南方平均年地下水资源模数(即单位面积地下水资源量)较北方大2.5倍。但是,由于我国

的平原面积北方较南方大得多，所以我国平原区的地下水主要分布在北方。全国平原区地下水计算面积1983802 km²，其中北方平原区地下水计算面积为1799898 km²，占全国平原区地下水计算面积的91%。北方平原区地下水资源量为全国平原区地下水资源量的78%。这对于缓和北方平原区工农业用水及城镇生活用水的紧张状况是有利的。

表 4 各流域片山丘区和平原区地下水资源量及其重复计算量成果表

流域片	山 丘 区		平 原 区		重复计算量 (10 ⁸ m ³)	计算总面积 (km ²)	地下水资源总量 (10 ⁸ m ³)
	计算面积 (km ²)	地下水资源量 (10 ⁸ m ³)	计算面积 (km ²)	地下水资源量 (10 ⁸ m ³)			
黑龙江	593053	223.6	297581	221.9	14.8	890634	430.7
辽 河	230524	95.7	110300	108.2	9.7	340824	194.2
海滦河	171372	157.9	106424	178.2	37.6	277796	265.2
黄 河	608357	292.1	167007	157.2	43.7	775364	405.6
淮 河	127923	107.2	169938	296.7	10.9	297861	393.0
长 江	1625293	2218.0	132876	260.6	14.4	1758169	2464.2
珠 江	550113	1027.8	30468	92.7	5.0	580581	1115.5
浙闽台诸河	218639	561.8	29560	51.9	0.6	239199	613.1
西南诸河	851406	1543.8				851406	1543.8
内陆诸河	1782444	535.5	927700	486.0	201.7	2710144	819.8
附：额尔齐斯河	31782	31.9	20948	20.0	9.4	52730	42.5
全 国 总 计	6790906	6762.0	1893802	1873.4	347.8	8774708	8287.6

四、水 资 源 总 量

(一) 水资源总量计算

一个地区的水资源总量，为当地降水形成的地表和地下的产水量。由于地表水和地下水互相联系、相互转化，河川径流量中包括一部分地下水排泄量，地下水补给量中有一部分来源于地表水体的入渗，故不能简单地将地表水资源量与地下水资源量相加作为水资源总量，而应扣除相互转化的重复水量。

如果一个流域上游为山丘区，下游为平原区，在扣除山丘区与平原区的地下水重复计算量后，还应再扣除地表水和地下水之间的下列重复水量：①山丘区河川基流量，为山丘区地表水和地下水之间的重复量；②由当地降水形成的平原区河川基流量，为平原区地表水和地下水之间的重复量；③河道、采系渗漏和渠灌田间入渗等地表水体渗漏补给量，为山丘区河川径流转化为平原地下水的重复量，其中山丘区河川基流对平原地下水的补给量属于地下水本身的重复量。

根据分析计算，全国平均年地表水资源量（即河川径流量）27115亿 m³，平均年地下水资源量8288亿 m³，两者之间重复计算量为7279亿 m³。扣除重复计算量后，全国平均年水资源总量为28124亿 m³（分片成果见表5）。北方六片的总量比河川径流量多出了851亿 m³，这些水量是平原淡水区降水入渗补给地下水的主要部分，在不开采的情况下以潜水蒸发的形式消耗掉，通过地下水开采可以大部分截取利用，补充了地表水资源的不足。

(二) 水量平衡分析

通过水量平衡分析,可以探讨不同地区水文要素的互相对比关系,以便利用水文、气象以及其它自然因素的地带性规律,检验水资源计算成果的合理性。在一个流域片内,如果忽略不计从地下进出的潜流量,则在多年均衡情况下可以建立下列水量平衡方程式:

$$P = R + E$$

$$R = R_s + R_g$$

$$E = E' + E_g$$

$$W = R + E_g$$

式中 P ——降水量(已知);

R ——河川径流量(已知);

E ——总蒸散发量,用降水量减去河川径流量求得;

W ——水资源总量(已知);

R_g ——河川基流量,假定咸水区的降水入渗补给量主要消耗于潜水蒸发,则该量为山区基流量和平原淡水区降水形成的基流量之和;

R_s ——地表径流量,用河川径流量减去河川基流量求得;

E_g ——平原淡水区潜水蒸发量,在开采情况下还包括开采净消耗量,用水资源总量减去河川径流量求得;

E' ——用全片总蒸散发量减去平原淡水区潜水蒸发量求得。

表 5

全国分片水资源总量成果表

流域片	计算面积 (km^2)	地表水资源量 (10^8m^3)	地下水资源量 (10^8m^3)	重复量 (10^8m^3)	水资源总量 (10^8m^3)	产水模数 ($10^4 \text{m}^3/\text{km}^2$)
黑龙江	903418	1165.9	430.7	244.8	1351.8	14.96
辽 河	345027	487.0	194.2	104.5	576.7	16.71
海滦河	318161	287.8	265.1	131.8	421.1	13.24
黄 河	794712	661.4	405.8	323.6	743.6	9.36
淮 河	329211	741.3	393.1	173.4	961.0	29.19
长 江	1898500	9513.0	2464.2	2363.8	9613.4	53.16
珠 江	580641	4685.0	1115.5	1092.4	4708.1	81.08
浙闽台诸河	239803	2557.0	613.1	578.4	2591.7	108.08
西南诸河	851406	5853.1	1543.8	1543.8	5853.1	68.75
内陆诸河	3321713	1063.7	819.7	682.7	1200.7	3.61
附: 额尔齐斯河	52730	100.0	42.5	39.3	103.2	19.57
全 国	9545322	27115.2	8287.7	7278.5	28124.4	29.46

按照上述水量平衡方程,对全国十大流域片进行了水文要素的分析计算,并求得 R/P 、 W/P 、 R_g/R 、 E_g/E 、 $(R_g + E_g)/W$ 等比值(见表6)。

全国平均年径流深284mm,其中有25%由地下水所补给。全国平均年产水量(水资源总量)28124亿 m^3 ,折合水深为295mm,占全国平均年降水量的46%,其中比较容易开发利用的为河川基流量和平原淡水区潜水蒸发量,其数量只占水资源总量的28%,约为

7800亿 m^3 。北方各片的产水模数虽然比南方各片小得多,但容易开发利用的水量占水资源总量的比重较大。

表 6 全国各流域片水量平衡对比表

流 域 片	P (mm)	R (mm)	R_s (mm)	R_g (mm)	E (mm)	E' (mm)	E_g (mm)	W' (mm)	R/P	W'/P	R_g/R	E_g/E	$(R_s + E_g)/W'$
黑龙江	496	129	104	25	367	346	21	150	0.26	0.30	0.19	0.06	0.31
辽 河	551	141	115	26	410	384	26	167	0.26	0.30	0.18	0.06	0.31
海滦河	560	91	56	35	469	428	41	132	0.16	0.24	0.38	0.09	0.58
黄 河	464	83	48	35	381	370	11	94	0.18	0.20	0.42	0.03	0.49
淮 河	860	225	181	44	535	568	67	292	0.26	0.34	0.20	0.11	0.38
长 江	1071	526	399	127	545	539	6	532	0.49	0.50	0.24	0.01	0.25
珠 江	1544	807	625	182	737	732	5	812	0.52	0.53	0.23	0.01	0.23
浙闽台诸河	1758	1066	825	241	692	677	15	1081	0.61	0.61	0.23	0.02	0.24
西南诸河	1098	687	506	181	411	411	0	687	0.63	0.63	0.26	0	0.26
内陆诸河	154	32	18	14	122	118	4	36	0.21	0.23	0.44	0.03	0.50
附: 额尔齐斯河	395	190	138	52	205	199	6	196	0.48	0.50	0.27	0.03	0.30
北方六片	330	74	52	22	256	242	14	88	0.22	0.27	0.30	0.05	0.41
南方四片	1204	650	493	157	554	550	4	654	0.54	0.54	0.24	0.01	0.25
全 国	648	284	213	71	364	355	11	295	0.44	0.45	0.25	0.03	0.28

五、水 质

(一) 河流泥沙

据统计,我国山丘区进入河流的悬移质泥沙平均每年约35亿t,其中直接入海的泥沙约18.5亿t,占全国河流总输沙量的53%;外流出境泥沙约2.5亿t,平均每年约有12亿t的悬移质泥沙淤积在外流区中下游平原河道、湖泊和水库中,或被引入灌区和分洪区;内陆诸河每年从山丘区带走泥沙约2亿t。

我国平均年输沙量在1000万t以上的河流有115条。其中黄河流域54条,长江流域18条,海滦河流域10条,辽河(包括大凌河)流域8条。

黄河是我国泥沙最多的河流,也是世界上罕见的多沙河流,平均年入海沙量11亿t。陕县站年输沙量达16.1亿t。黄河的泥沙主要来自上中游黄土高原地区,一些支流的含沙量达到100kg/ m^3 以上,个别支流可达600kg/ m^3 以上。黄河流域平均年输沙模数大于1000t/ km^2 的面积约28.9万 km^2 ,约占全国输沙模数大于1000t/ km^2 的面积的一半。平均年输沙模数大于10000t/ km^2 的面积约有70000 km^2 。

长江的含沙量不算大,但由于水量很大,输沙量和入海沙量仅次于黄河,在我国占第二位,平均年入海沙量约4.6亿t。宜昌站年平均输沙量为5.1亿t。长江泥沙主要来源于金沙江下游,嘉陵江和汉江中上游,以及四川盆地周围的一些山区。

此外,辽河流域的西辽河、海滦河流域的永定河和滦河等,也都是含沙量较大的多沙河流。

我国南方大部分河流、内流区大部分河流以及黑龙江流域的一些河流,含沙量都相当低。

(二) 河流水化学

我国河流的天然水化学特征的分布与年降水、径流分布趋势相反,除沿海一些地区受海潮影响外,矿化度、总硬度均由东南向西北递增。淮河秦岭以南,除云南局部地区外,矿化度小于 300 mg/L ,总硬度大都在 85 mg/L 以下,水化学类型以重碳酸盐类为主。淮河秦岭以北矿化度逐渐升高,多数地区可达 $500\sim 1000\text{ mg/L}$,总硬度为 $85\sim 170\text{ mg/L}$,黄河中游甘肃、宁夏等局部地区很高,为苦咸水区。部份地区的水化学类型属硫酸盐和氯化物类。

根据分析计算,我国平均年离子径流量为 45703 万t 。其中直接入海的离子径流量为 26427 万t ,占全国江河离子径流总量的 58% ,外流出境的有 10726 万t 。全国平均每年约有 8550 万t 盐类滞留在河流中下游平原和湖泊中。

全国年离子径流模数的分布,有湿润地区大,干旱地区小的趋势。东北、华北、西北大部分地区和青藏高原中西部,年离子径流模数小于 50 t/km^2 ,其余地区一般大于 50 t/km^2 ,其中四川、广东和藏东南等部分地区可大于 200 t/km^2 ,为全国主要高值区。

(三) 水污染现状

据全国1845个城镇统计,1980年日排放废污水量达 8600 万t ,其中工业废水占 83% ,生活污水占 17% 。 90% 以上的废水未经任何处理直接排入水域,是我国水源受到污染的主要来源。各流域中以长江流域接纳污水量最大,占全国总量的 41% ,海滦河次之。

全国地表水水质综合评价的 92100 多公里的河长中符合饮用水标准的仅占 $1/3$ 左右,有 11% 的河流水质低于农业灌溉要求,约有 6% 的河水有毒物质含量超过排放标准或有机污染达到黑臭的严重程度。

六、水资源特性和问题

我国国土面积占世界陆地面积的 6% 多,却养育了占世界 22% 的人口,这除了优越的社会主义制度、人民的勤劳智慧外,具备了必要的自然条件也是一个重要原因。水资源是最重要的自然资源之一。但我国水资源还存在着与人民生活、生产活动不相适应的矛盾,且随着经济的发展,人类活动的加剧,有些矛盾变得更加突出,还产生了一些新的矛盾。

(1) 我国水资源的人均、亩占有量并不丰富。我国平均年径流量 $^{(1)}$ 27115 亿m^3 ,居世界第六位,低于巴西、苏联、加拿大、美国和印尼。平均径流深低于全球平均径流深(314 mm),人均、亩占有径流量都相当低。人均占有径流量为 2630 m^3 ,仅为世界人均占有量的 $1/4$,远低于美国、苏联、印尼、加拿大和日本等国。我国亩占有径流量为 1800 m^3 ,是世界亩占有量的 76% ,远低于印尼、巴西、日本和加拿大。因此,水资源在我国是十分珍贵的自然资源。十分注意有效保护和节约使用水资源,应作为我国长期坚持

⁽¹⁾ 为便于同国外比较,此处用平均年径流量,而未采用水资源总量

的基本国策。

(2) 我国水资源地区分布不均。我国水资源地区分布是南多北少, 相差悬殊, 与人口和耕地的分布很不相应。

长江流域及其以南的珠江流域、浙闽台诸河、西南诸河等四片, 面积占全国的36.5%, 耕地占全国的36.0%, 人口占全国的54.4%, 但水资源总量却占81%。人均占有水量为4180 m³, 约为全国均值的1.6倍。亩均占有水量为4130 m³, 为全国均值的2.3倍。其中, 西南诸河片水资源丰富, 但多高山峻岭, 人烟稀少, 耕地也很少, 人均占有水量达38400 m³, 约为全国均值的15倍, 亩均占有水量达21800 m³, 约为全国均值的12倍。辽河、海滦河、黄河、淮河四个流域片, 总面积占全国的18.7%, 接近南方四片的一半, 但水资源总量却仅有2177亿m³, 仅相当于南方四片水资源总量的10%。但北方这四片多为大平原, 耕地占全国的45.2%, 人口占全国的38.4%。其中以海滦河流域最为突出, 人均占有水量仅有430 m³, 为全国均值的16%, 亩均占有水量仅251 m³, 为全国均值的14%。

各流域的入海水量与天然河川径流量比值的大小, 反映了流域内水资源开发利用程度, 也反映了水资源的余缺程度。南方四片平均年入海和出境水量都在94%以上, 西南诸河出境水量占99%以上, 河川径流量几乎全部流出国境。而北方缺水地区入海水量越来越少, 到七十年代, 海滦河和黄河入海径流量分别为天然河川径流量的41%和55%。枯水年份更少, 海滦河流域1983年入海水量仅有3亿m³, 河川径流量几乎都在流域内被使用消耗掉了。

水资源的分布对国民经济的布局影响很大, 但又不能完全决定国民经济的布局。解决缺水地区的水资源问题, 将是保证我国国民经济长期稳定发展的重大基本措施, 远距离跨流域调水势在必行, 调水规模应随国民经济的发展和科学技术水平的提高而加大。

(3) 我国水资源量的年际和季节变化很大。我国大部分地区季风影响明显, 降水量和径流量的年际和季节变化都很大。地下水的变化相对较小, 但也随降水量和地表水体而变化, 特别是遇到连续干旱年, 地下水位会大幅度下降, 甚至枯竭。这不仅给开发利用水资源带来了困难, 也是水旱灾害频繁的原因。

据统计, 1950~1983年的34年中, 全国平均每年水旱灾害面积约4亿亩, 约占总耕地面积的26%, 成灾面积1.6亿亩, 约占总耕地面积的10%。

尽管我国历代劳动人民, 尤其是在建国后的三十多年中, 在抗旱、防洪斗争中取得了卓越的成绩, 但降水量和径流量年内、年际变化剧烈这一自然特性决定了水旱灾害将是长期威胁国民经济稳定发展的重要自然灾害。兴修水利、治理江河, 抗干旱、防洪涝将始终是我国人民的一项艰巨任务。

(4) 要因地制宜, 合理开发地下水资源。我国平原区平均年地下水资源量为1873亿m³, 其中北方平原区为1468亿m³, 占全国平原区的78%。在北方, 平原区地下水已经成为供水的重要水源, 据1979年底之前的资料统计, 年开采地下水量已达到424亿m³ (含深层水39亿m³)。开发利用程度较高的是华北平原, 浅层地下水开采量达230亿m³左右, 占该地区地下水资源量的50%左右, 其中, 海滦河流域浅层地下水开采量为130亿m³左右, 占该地区浅层地下水资源量的80%以上。地下水尚未开发或还有较大开发潜力的地区, 往往是有

比较好的地表水源条件或含水层很薄而开发困难的地区。缺水严重的华北地区，也是地下水开发利用程度最高的地区，增加开发利用的潜力不大。一些地区，由于开采量大于地下水资源量，形成了地下水降落漏斗、引起了地面沉降等不良后果，应注意控制地下水的开发利用。深层地下水难以得到补给，不宜作为长期稳定的供水水源。滨海地区，局部出现了海水倒灌，更应控制开采地下水。

我国的一些渠灌地区，地下水位往往都较高，造成土壤盐渍化，应大力开发利用地下水，不仅可以节约水资源，还可以改良土壤，促进农业生产的发展。我国南方地表水比较充足，目前仅在一些大中城市和局部农业地区开发利用地下水。在南方平原区，适当开发利用地下水，不仅可以增加抗旱水源，还可改善耕作层的条件，有利于农业生产。

(5) 水源污染日趋严重。就全国而言，我国河流的天然水质还是相当好的，超过 1000mg/L 的高矿化度河水分布面积仅占全国面积的 13.4% ，而且主要分布在我国西北人烟稀少的地区。这些地区产生的径流极少，因此这种高矿化度河流的水量甚微。但人为的污染水源，降低水质，越来越严重。污染比较严重的地区往往都是人口密集，经济发达的地区，而水资源比较缺乏的地区尤为突出。治理污染，保护水源，保护生态环境，已成为非常迫切的任务。

(6) 河流泥沙的淤积，增加了江河防洪困难。全国平均每年进入河流的悬移质泥沙约 35亿t ，其中约有 12亿t 泥沙淤积在外流区的水库、中下游河道以及沿岸湖泊和灌区内，以黄河的泥沙淤积最为严重。由于泥沙的不断淤积，使得一些水库的库容减少、效益降低。由于泥沙的不断淤积，中下游河道的河床逐渐升高，湖泊变浅，降低了调蓄洪水和行洪的能力，抬高了洪水位，增加了防洪困难，也影响了航运。因此，对多沙流域加强水土保持工作，减少河流泥沙，对于开发利用水资源，减轻洪涝灾害，具有重要意义。

中国年径流地区分布规律的探讨

陈 满 祥

(甘肃省水文总站)

我国年径流的分布主要受降水量及各种下垫面条件的影响,其中降水量起着主导作用。从宏观上分析,我国降水量的分布,又主要取决于我国地处欧亚大陆东南部及北纬中纬度地带这一特定的地理位置。正是由于这一特定的地理位置,我国大陆上空经常处于西风带气流、东南季风及西南季风的控制之下。随着季节的变化,上述天气系统有规律的南北移动,决定着我国降水量分布的基本特征。年径流量的分布和降水量的分布大体一致,总的趋势是由南向北及由东向西递减,呈现明显的地带性分布规律。从微观上分析,由于我国地形错综复杂,下垫面条件多样,使局部地区降水量及年径流量的分布又呈现多种非地带性变化。

一、年径流的地带性分布规律

降水量是我国河川径流量的主要补给来源,全国多年平均年降水总量约 6.19×10^4 亿 m^3 ,折合平均年降水深约649mm,其中有44%转化为河川径流量,全国河川径流总量约 2.71×10^4 亿 m^3 ,平均径流深约284mm。全国年径流深的地带性分布大体可以5, 50, 200, 300, 800mm等值线,划分为六个径流带。即:丰水带、多水带、过渡带、少水带、贫水带、干旱带。

1. 丰水带

年径流深在800~1600mm以上。如暂不考虑局部山地的影响,分界线大致可概化为:北起浙江省北部四明山、天目山,安徽黄山、九华山,向南沿江西东侧山地至南岭,向西达广西东北山地,南折至靠近北部湾的十万大山。其南侧包括台湾省、海南岛为丰水带,此外尚包括云南南部、西南部及藏东南边陲地区。高值区分布在台湾省中央山地,达4000mm以上。此外,藏东南雅鲁藏布江下游靠近中印边界一带,可达5000mm。东南沿海主要山地最高可达1600~2000mm。年径流系数一般在0.5以上,部分山地可达0.8以上。

在全国气候区划中丰水带大部分属亚热带湿润气候区,少部分属于中亚热带湿润气候区。雷州半岛、海南岛、台湾岛南部及滇南部分河谷地区,属北热带湿润区,为季风常绿阔叶林及季雨林常绿阔叶林气候。农作上年可三熟,其南部为我国热带经济作物及林果的主要发展地区。

2. 多水带

以年径流深300~800mm之间为多水带。300mm径流深等值线东起上海,沿长江西上至淮南,经大别山桐柏山北麓,绕过江汉平原的西北部、白河镇安地区,沿秦岭北麓向西,