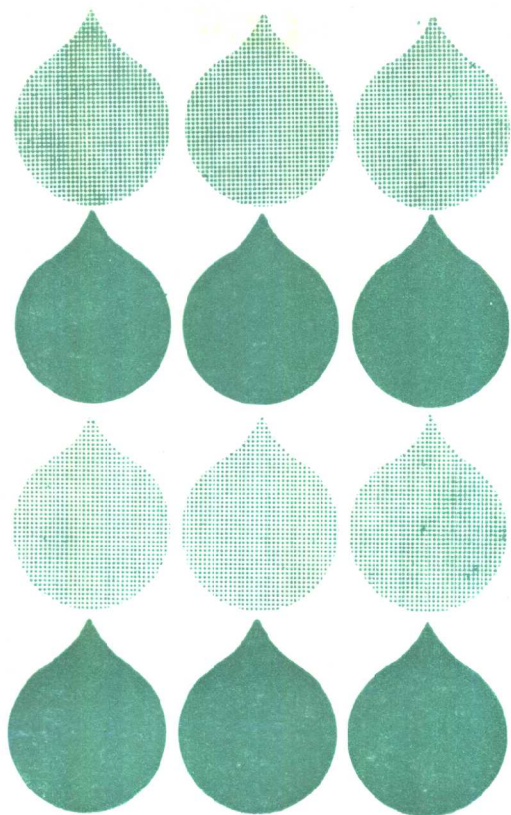




区域水资源 分析计算方法

黑龙江省水文总站主编

水利电力出版社

88134

TV213
6439

区域水资源 分析计算方法

黑龙江省水文总站主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书较系统地总结了我国近年来区域水资源分析计算的实践经验，阐述了水资源各项量的分析计算方法，列举了比较丰富的应用实例及研究成果，反映了现行我国水资源评价工作的实际情况和水平。

全书共分十三章。其内容包括：基本资料的搜集、整理与分析，降水量和蒸发量的计算，河川径流量的计算，地下水资源的计算，水资源总量计算与水量平衡分析，入境与出境水量的计算，水能资源及河流输沙量估算，水质评价，水资源区划与供需分析，区域水资源系统分析等。

本书可供从事水利水电工程规划、水文水资源计算分析、区域与都市水文研究、环境保护和工、农、林、牧、副、渔业生产规划的工程技术人员阅读，亦可供有关院校师生参考。

序

水资源的开发、利用和保护，关系到整个国家的社会、经济发展和全体人民的生活、文化水平的提高。由于工业和城市的迅速发展，世界上不少发达国家都遇到水资源严重短缺和污染的问题。他们多数曾经进行全国的和地区的水资源评价工作，以了解水资源供需的现状并预测今后若干年的发展，寻求解决这些问题的对策和措施。例如，美国就曾在1965年以后，花费大量人力和资金，进行了两次全国及21个分区的水资源评价工作。我国也于1980年开始进行全国及10个流域片和各省（区）、市的水资源评价工作，并已陆续提出各项研究报告。

这是一项新的工作。除了要对各地区的降水量、蒸发量、河川径流量、河流输沙量等传统水文数据进行统计分析外，还要对地下水资源量、水质、工农业及城市供水的现状和远景需要、各地区的可利用水量和供需平衡等数据，进行调查统计和估算。其中，牵涉到许多理论和技术问题。经过我国各地水文工作者的努力，这些问题已得到初步解决。各地水资源工作者在吸收国外先进经验的基础上，还结合中国的实际情况有所创新和发展。由黑龙江省水文总站主编的这本《区域水资源分析计算方法》，就是这些年来实践经验的系统总结。

这本书具有以下几个特点：（1）比较实用。除了阐述一些基本理论外，还附有若干数据和实例，供水资源规划

及管理工作者在实际中参考使用。(2)比较全面。除了计算若干传统水文数据外,还包括地下水、水质、水资源供需状况等新内容,这是国内过去同类书籍中较少阐述的。(3)比较深入。对若干项目列出了几种不同的计算方法,并分析其优缺点和适用条件,指出了进一步改善的方向。

由于编写者和出版编辑者们的辛勤劳动,本书得以在短期内编写完成,并及时地与读者见面。希望在经过几年的实践使用之后,能够进一步加以修改补充。

水利水电科学研究院

叶永毅

1985年11月于北京

前 言

水是人民生活和社会生产不可缺少的一项自然资源。随着人口的增长，人民物质生活和文化生活水平的提高以及工农业生产的日益发展，水资源的供需矛盾日渐突出，水资源问题的研究愈来愈成为人们普遍关注的社会性问题。在这种情况下，水文学的研究内容，由只限于研究水在自然界的循环、平衡与变化，扩展到同时研究水在自然界和人类社会中供、需、排的综合关系，传统水文学便进入了水资源水文学的新阶段。

近年来，我国各地先后开展了水资源调查评价工作，并且取得了可喜的成果。为了总结实践经验，我们根据自己从事水资源分析计算的生产实践，依据下列原则编写了本书：

1) 力求把水文计算同水资源计算的理论、方法融合在一起。在水文学的基础上，重点阐明特定区域内降水、蒸发、径流诸要素的变化规律及其相互关系，研究地表水、地下水资源的数量、质量及其时空分布特点，揭示河流水能资源及输沙量分布特性，为开展水资源供需分析、寻求最优开发利用方案提供科学依据。

2) 区域水资源分析计算是针对非完整流域而言的。在阐述水资源各项量的分析、计算方法时，既考虑了区域面积较大、具有充分实测资料的情况，同时也兼顾到区域面积较小、缺乏实测资料的特点。

3) 为了便于生产部门实际应用，本书对水资源分析计

算的若干基础理论，一般只做扼要的介绍，而着重叙述其分析计算方法与步骤，并且列举了一些应用实例和研究成果。

4) 从长远观点和需要实际出发，简要地介绍了水资源区划、区域水资源系统分析等方法。

本书由黑龙江省水文总站马训、李秀珍主编，由水利电力部南京水文研究所张海峯主审。

在本书编写过程中，我们得到了水利电力部南京水文研究所、长江流域规划办公室水文局和华东水利学院环境水利研究所的大力支持与指导，同时得到水利电力部水文局、水利水电科学研究院水资源研究所、中国科学院地理研究所和其它单位与个人的鼓励与帮助，著名水文专家叶永毅同志热情为本书作序，在此谨致深切的谢意。

由于编者水平有限，本书难免存在缺点或错误，热诚地希望读者惠予指正。

编 者

1985年11月于哈尔滨

目 录

序

前 言

第一章	绪 论	1
第一节	水资源的含义与分类	1
第二节	水资源的特点	5
第三节	区域水资源分析计算的任务与内容	9
第二章	基本资料的搜集、整理与分析	12
第一节	基本资料的搜集与审查	12
第二节	分析代表站的选择	14
第三节	径流还原计算	15
第四节	资料的插补延长	23
第五节	年降水、年径流系列代表性分析	35
第三章	降水量和蒸发量的计算	41
第一节	降 水	41
第二节	蒸 发	54
第三节	干旱指数与旱涝分析	70
第四章	河川径流量的计算	74
第一节	概 述	74
第二节	河川径流量计算方法	75
第三节	河川径流量的年内分配	106
第四节	河川径流量的多年变化	117
第五章	地下水资源的计算	123
第一节	评价类型区的划分与资源量的计算	123
第二节	山丘区地下水补给量(排泄量)的计算	129

第三节	平原区地下水资源计算·····	153
第四节	平原区地下水资源计算参数的确定·····	175
第六章	水资源总量计算与水量平衡分析·····	191
第一节	水资源总量的计算·····	191
第二节	水量平衡分析·····	201
第七章	入境与出境水量的计算·····	210
第一节	基本概念·····	210
第二节	多年平均及不同频率年入境、出境水量的计算·····	211
第三节	入境与出境水量的时空分布·····	213
第八章	水能资源估算·····	216
第一节	水能资源的经济价值·····	216
第二节	河流水能计算的基本公式·····	217
第三节	河流水能蕴藏量的估算·····	219
第四节	水能开发方式·····	222
第五节	河流可能开发水能资源的估算及河流规划·····	226
第六节	小水电资源·····	232
第九章	河流输沙量估算·····	239
第一节	河流输沙量估算的目的与内容·····	239
第二节	悬移质估算·····	243
第三节	推移质输沙量估算·····	251
第十章	水质评价·····	256
第一节	水体污染与水质评价·····	256
第二节	水质评价资料的搜集与整编·····	260
第三节	水质现状评价的内容与方法·····	261
第四节	水质污染变化规律分析·····	271
第十一章	水资源区划·····	277
第一节	概述·····	277
第二节	水资源区划的原则与指标·····	278
第三节	水资源区划的方法与实例·····	279

第十二章	水资源供需分析	292
第一节	基本概念	292
第二节	供需平衡中的水资源计算	295
第三节	可供水量的计算	299
第四节	需(用)水量的计算	309
第五节	供需平衡计算	321
第十三章	区域水资源系统分析	332
第一节	概述	332
第二节	计算实例	335
附录		356
附表一	日照时间表(日出至日入间之时数)	356
附表二	三点法用表—— S 与 C_s 关系表	354
附表三	三点法用表—— C_s 与有关 Φ 值的关系表	366
附表四	皮尔逊Ⅲ型曲线的模比系数 K_P 值表	368
附表五	相关系数检验表	372
参考文献		373

第一章 绪 论

第一节 水资源的含义与分类

地球的自然环境，是由大气圈、水圈、岩石（土壤）圈、生物圈及与其它宇宙体相联系的空间组成的。水圈，是地球环境中最主要的组成部分，它具有性态最活跃、存在最广泛的特点，它是人们赖以生存、人类活动经常取用的不可缺少的自然资源。

广义的水资源，是地球水圈内水的总体。初步估算，地球水圈含有 14亿 km^3 的水，它以固态、液态、气态形式分布在地球表面和大气圈、岩石圈、生物圈之中，从而共同构成了地球自然环境的对立统一体。地球水资源概况见表1-1^[1]。

表1-1中所列地球水圈中不同形态的水，都是广义水资源的组成部分，它们之间是紧密联系的，对人类活动都有直接或间接的作用。但由表1-1可见，人们所关心的淡水仅占水资源总量的2.53%，而且绝大部分都为冰盖、冰川和深层地下水所占有。实际上，人类主要依赖河流水，而河流的槽蓄量只占淡水总量的0.006%；地下淡水的储量却占淡水总量的30%，故而人们常开采利用地下水。

地球上存在复杂的水循环过程。大气水以雨、雪等形式降落到地表后，经过植物截留、蒸发、地面填洼和入渗等过程，一部分形成径流，另一部分则补给地下水。各种水体的不断蒸发又会变为大气水，使得地球上的水循环过程往复不止。大气降水参与水循环过程而剩余下来的陆地产水量，是人们经常

取用并且可以得到恢复和更新的淡水量，它便称为狭义的水资源。狭义水资源是水资源分析、计算和研究的主要对象。

表 1-1 地 球 水 资 源 表

水的分布	面 积 (万km ²)	水 量 (万km ³)	占世界总储水量的 百分比(%)	
			占总储水量	占淡水储量
海洋水	36130	133800	96.5	—
地下水	13480	2340	1.7	—
其中：地下淡水	13480	1053	0.76	30.1
土壤水	8200	1.65	0.001	0.05
冰盖及冰川	1022.75	2406.41	1.74	68.7
永冻土层	2100	30.0	0.022	0.86
湖泊、水库蓄水(咸水)	82.23	8.54	0.006	—
(淡水)	123.64	9.10	0.007	0.26
沼泽水	268.26	1.147	0.0008	0.03
河流水	14380	0.212	0.0002	0.006
生物水	51000	0.112	0.0001	0.003
大气水	51000	1.29	0.001	0.04
总储水量	51009	138593.461	100	—
其中：淡水储量	14880	3502.921	2.53	100

注 本表不包括南极洲地下水(约200万km³)。

对特定区域而言，水循环过程可用图1-1来表示^{〔2〕、〔3〕}。由图可见，大气降水是地表水（包括壤中水）、地下水的总补给来源，它也可称作特定区域的广义水资源；狭义水资源（以下简称水资源）则包括由大气降水补给的地表淡水动态水量和地下淡水动态水量两部分。地表淡水动态水量系指河流、湖泊、渠道、冰川补给水量，它与河川基流量共同构成了河川径流量，故一般把扣除基流后的河川径流量作为地表水资源；地下淡水的静储量虽然很大，但其动态水量却

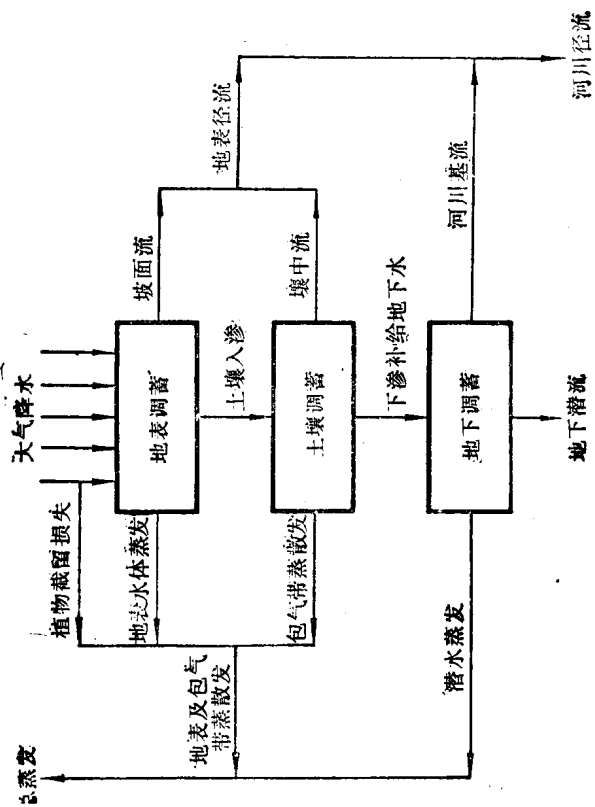


图 1-1 区域水循环概念模型

较小，它主要依靠降水和地表水的入渗来补给，故一般把浅层地下水的补给量作为地下水资源。

由于各用水部门的需水要求不同，水资源分类的方法也各不相同。在区域水资源分析计算中，一般可按水资源的运动状况、形成条件、工程措施或经济技术条件来分类，有时也按水资源的形态来分类，详见图1-2^①。为方便起见，在水资源分析计算的不同阶段也可采用不同的分类方法，例如：水平衡要素分析中往往按形态分为气态水、液态水和固态水；计算水资源总量时按形成条件分为地表水和地

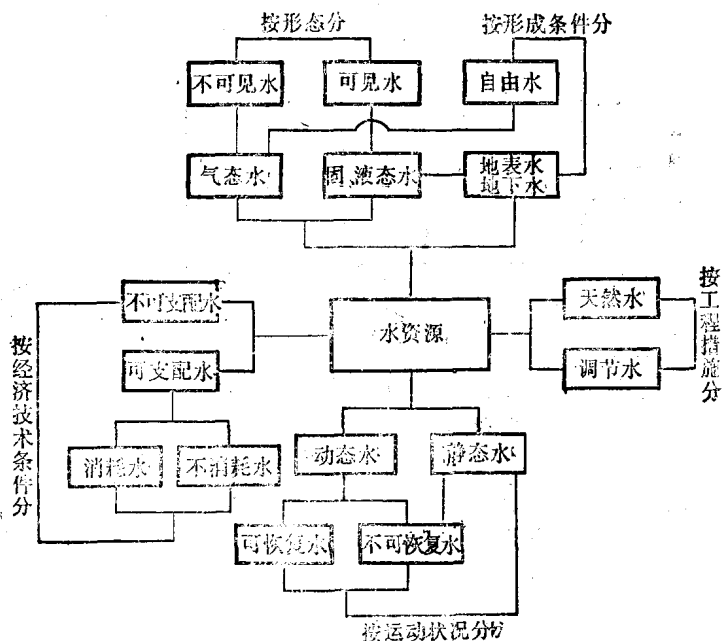


图 1-2 水资源分类框图

①安徽省水文总站，水资源调查与分析计算，1981年9月。

下水；水资源供需分析中则按工程措施分为天然水和调节水，有时也按经济技术条件分为可支配水（包括消耗水、不消耗水）和不可支配水等。

第二节 水 资 源 的 特 点

水资源不象其它矿产资源那样稳定，它是随时间、地点而变化的。水资源是一种动态资源，它具有下列几个主要特点：

（1）可恢复性和有限性 在人类活动中，水资源不断地被开采和消耗，但由于地球上巨大的水循环作用，大气降水又不断地对水资源进行补给，这就构成了水资源消耗、补给之间的循环性和水资源的可恢复性特点。地球水圈内不同类型水的循环恢复周期，可按下式计算：

$$T = \frac{V}{Q} \quad (1-1)$$

式中 T ——循环恢复周期（a）；

V ——地球水圈中某类型水的总容量（ m^3 ）；

Q ——单位时间内进入该类型水域的水量（ m^3/a ）。

联合国和有关学者发表的地球水圈内不同类型水的循环恢复周期见表 1-2^[1]。

水资源的循环性是无限的，但在一定的时间、空间范围内，大气降水对水资源的补给量却是有限的。为了保护自然环境和维持生态平衡，一般不宜动用地表、地下储存的静态水量，故多年平均利用量不能超过多年平均补给量。循环过程的无限性和补给水量的有限性，决定了水资源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 水资源时空分布的不均匀性

表 1-2 地球水圈内不同类型水的循环恢复周期

水的类型	恢复周期	水的类型	恢复周期
海洋水	2500 a	沼泽水	5 a
地下水	1400 a	土壤水	1 a
极地冰川和永久雪盖	9700 a	大气水	8 d
山区冰川	1600 a	河流水	16 d
永冻层	10000 a	生物水	几小时
湖泊水	17 a		

主要表现在:

1) 水资源的地区分布极不均匀。全球水资源的地带性分布特点, 可从纬度与水资源的主要补给源——降水量的关系中反映出来(表 1-3^[1])。由表可见, 在北半球范围内, 随着纬度的增高, 降水量明显减小; 南半球降水量也有着随着纬度的增高而减小的趋势, 但在 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{S}$ 范围内的降水量明显增大, 由此造成全球各大洲水资源的分布极不均匀(表 1-4^[1])。

我国幅员辽阔, 各地气候与下垫面条件存在较大差异, 水资源的地区分布也很不均匀, 全国十大流域片水资源总量分布情况见表 1-5^①。

2) 水资源的时间分配极不均匀。水资源时间分配的不均匀性, 主要表现在降水、径流的年内、年际变化方面。

我国地处欧亚大陆东部的中纬度地区, 属于大陆性季风气候。受季风气候和西风环流的影响, 降水、径流具有一定的丰、枯交替变化的特点。在一年之内, 夏、秋多雨湿润,

① 水利部水资源研究及区划办公室、全国水资源初步成果汇总小组, 《中国水资源初步评价》, 1981年12月。

表 1-3 平均年降水量随纬度变化表

纬度	90°~80°N	80°~70°N	70°~60°N	60°~50°N	50°~40°N	40°~30°N	30°~20°N	20°~10°N	10°~0°N
降水量 (mm)	145	276	433	569	475	530	579	852	1715

纬度	0°~10°S	10°~20°S	20°~30°S	30°~40°S	40°~50°S	50°~60°S	60°~70°S	70°~80°S	80°~90°S
降水量 (mm)	1854	1046	557	619	1289	1660	462	160	84

注 平均年降水量为实测值, 未加改正。

表 1-4 全球各大洲水资源分布表 (以多年平均的年度水量计)

大 陆	面 积 (万 km ²)	降 水 量		蒸 发 量		径 流 量	
		mm	km ³	mm	km ³	mm	km ³
欧 洲	1050	789	8290	505	5300	306	3210
亚 洲	4347.5	742	32240	414	17930	332	14410
非 洲	3012	742	22350	533	16040	151	4570
北 美 洲	2420	756	18300	418	10100	339	8200
南 美 洲	1780	1597	28400	853	15180	661	11760
澳洲、大洋洲	895	791	7080	491	4390	267	2390
南 极 洲	1398	177	2480	0	0	165	2310
总陆地面积	14900	809	119000	463	69000	314	46800
外流区面积	11900	924	110000	512	60900	385	45800
内流区面积	3020	288	8700	258	8100	33	1010