

第一章

水资源工作的对象和任务

人们关心和议论水资源，但水资源一词在我国的出现和较普遍地使用却是 20 世纪后期的事，以致对水资源的理解和认识至今还在不断加深的过程中。水资源本来是自然资源的一种，但由于开发利用水资源本来就是水利事业的主要内容，水资源本身也逐渐形成了一种行业的代称，或专业的代称，因而对水资源的认识和理解也就随时代的进展而不断深入。

一、水资源的涵义

水资源作为地球自然资源的一种，是指地球所属范围内的、可作为资源的水，包括地球表面地层中和围绕地球的大气中的水分。因此，有一种非常广义的水资源定义，即指地球包括其所有圈层中一切形态的水都是水资源。由于这个定义来自《不列颠百科全书》，具有一定的权威性，因而这种解释较普遍地被引用。与此相应，有关方面也计算了全球水储量，即把在地球各个圈层中的水量都计算了一番。但是自然界的水与作为资源的水是否相同，也引起了一些争议。于是又出现了各种关于水资源的定义，其中以 1988 年由联合国教科文组织和世界气象组织给出的水资源定义比较有影响，其定义是：“作为资源的水应当是可供利用或有可能被利用，具有足够数量和可用质量，并可适合对某地对水的需求而能长期供应的水源。”因此，许多国家在谈到水资源时，常常把通过全球水文循环而可不断获得更新补充的淡水作为水资源。综上所述，水资源作为维持人类社会存在及发展的重要资源之一，应当具有以下功能：

- (1) 可以按照社会的需要提供或有可能提供的水量。
- (2) 这个水量有可靠的来源，且这个来源可以通过自然界水

文循环不断得到更新或补充。

(3) 这个水量可以由人工加以控制。

(4) 这个水量及其水质能够适应人类用水的要求。

各个国家对水资源的定义有所不同，一些国家是以河川年径流量作为水资源总量，有的国家除河川径流量外，还计算部分地下水量，有的则只计算年降水量。在我国则把河川年径流量和处于水分积极交换带的浅层地下水，并扣除其与河川径流量的重复计算部分称作水资源总量。

二、水资源的属性

根据自然资源的不同特点，人们通常将自然资源划分为两大类。即可更新资源（例如生物资源）和不可更新资源（例如矿产资源）。此外，能被人类生存、繁衍和发展所利用的物质、能量、信息与空间，属生态资源，包括自然资源、自然环境和生态系统。水既是一种可更新的资源，也是生态资源的重要组成部分。水资源具有显著的区域性的特点。

水的可供开发利用和可能引起灾害，决定了水资源在经济上的两重性，经济上的两重性是由于降水和径流的地区分布和时程分配不均匀所造成的。自然界的水在环境中的作用对于人类的生存条件而言，水一方面造成有利于人类生存的环境，例如为人类提供休养生息的条件，是人类的生存和发展所不可缺；而另一方面水有时又会带给人类自然灾害的困扰，如洪、涝、旱灾害，水致疾病传播等。当人类科学技术发展到一定水平后，人类逐渐学会通过工程和其他措施来改造水环境，使之向有利于人类的生活和生产的方向转化，但也在一些问题上由于认识上的不够全面，违背了自然规律，因而有时会出现事与愿违的结果。例如，水资源开发利用不当，也会引起人为灾害，如垮坝事故、次生盐碱化、水质污染、环境恶化等。水资源的综合开发和合理利用，应达到兴利除害的双重目的。

水有维持生命系统不可代替的作用。水对人类，对生命，是生存和发展不可或缺的物质，是不可替代的。其他资源，如石

油、矿产等，可以有别的替代产品，但水是不可替代的。若地球上没有水，地球就会像太阳系中的其他行星一样，成为没有生命的星球，人类也就失去了生存和发展的基础。此外，水是环境的重要因素，是维持一切生命活动不可替代的物质，不仅为人类生活所必需、为生物圈所必需，也为人类的生产活动和维持人类赖以生存的环境所不可缺。它的用途具有广泛性和不可代替性，主要表现在水资源既是生活资料又是生产资料，在国计民生中的用途相当广泛，各行各业都离不开水。用水户分为两大类：一类是耗损性用水，如农业、工业、生活供水等，需要消耗或污染大量的水；一类是非耗损性用水，如水电、水运、水产等，要求保持一定的水位和流量，但消耗水量很小。水是一切生物的命脉，它在维持生命和组成环境所需方面是不可代替的。人可三日无食，不可一日无水；有水才有人，有人必需水。随着人口的增长，人民生活水平的提高，以及工农业生产的发展，用水量不断增加是必然趋势，水资源问题已成为当今世界普遍重视的社会性问题。

水资源可再生，主要通过全球水文循环而来。大气中的水分来自海洋蒸发，经过大气输送、冷凝，随降水至地面，经汇流，从河流汇入海洋，如此周而复始，年复一年地演变，其动力是太阳能。正因为如此，水资源不像在地质历史时期形成的矿产资源，总量一定，而且越开采越少，水资源可以经过水循环再生、恢复，能得到永续利用。但尽管水资源是可再生的，人类的开发利用活动常影响天然的水文循环过程和规律，致使水资源在局部地区和部分时段出现衰退现象。由于水的循环性，水是可更新的资源，地表水和地下水被开发利用后，可以得到大气降水的补给。但是每年的补给水量是有限的，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。

水是稀缺的，尽管水资源是可再生的，而且地球上 $\frac{2}{3}$ 的

面积覆盖着水，但淡水资源量十分有限，只占全球总水量的 2.53%，人类便于利用的淡水只占全球水总量的 0.007%。因此，相对于人类无限的需求来讲，水资源是稀缺的。水资源的稀缺性主要表现在水资源的供需矛盾上。随着工农业生产的发展，人类对水资源的需求量越来越大，导致了天然水资源在时空供给上和人类利用的不匹配，出现供需矛盾，人类进而进一步开发利用水资源，如此周而复始，形成一个螺旋式上升的过程，但某一区域的可利用水资源量最终是有限的，因此水资源的稀缺是必然存在的。我国的年水资源总量为 28124 亿 m^3 ，居世界第 6 位，但人均和单位耕地面积平均占有量分别为世界的 1/4 和 76%，相当低。特别是我国的西北和华北地区，水资源稀少，工农业生产集中，水资源紧缺已成为区域社会经济发展的主要制约因素之一。据水利部门统计，在 20 世纪末，我国 600 多个城市中，缺水城市为 400 多个，其中严重缺水的 100 多个，年均缺水量 58 亿 m^3 以上。可见水资源对我国是一种相对较稀缺的资源。

水资源在地区分布上不均匀，年际、年内变化很大，给水资源的开发、利用带来了许多困难。为了满足各地区各部门的用水要求，必须修建蓄水、引水、提水、调水工程，对天然水资源进行时空再分配。由于兴修各种水利工程要受自然、技术、经济条件的限制，只能控制利用水资源的一部分或大部分；由于排盐、排沙、排污以及生态平衡的需要，应保持一定的入海水量，故欲将一个流域的产水量用尽耗光，既不可能，也不应该。

水资源的演变受水文随机规律的影响，年、月之间的水量均发生变化，有丰水年、枯水年和平水年之分，有连丰、连枯情况，有丰水期和枯水期，而且这种变化是随机的，它只符合统计规律。水资源的流动性是指在重力作用下，水总是自高而低，自上而下流动，而且最终汇入海洋。人类开发利用水资源的目的是，使水资源的时空变化能满足自己的使用要求。但为了保持生态环境等功能，河道总要保持一定的基流，为了鱼类洄游和输沙等要求，必须保持一定的入海流量，因此人类可开发利用的水资源

量总是有限的。在这种情况下，水文随机性和水流动性的存在，将使丰水期洪水泛滥，缺少应有的价值；而在枯水期水资源又显得异常宝贵。从这点看，对人类的利用来讲，通过水利工程调蓄丰枯，能大大增加水资源的使用价值。

水资源开发的整体性和利用的综合性，这是由于在一个流域中地表水体之间的相互连通，地表水、地下水和土壤水之间相互转化，气态水、液态水和固态水之间相互变化的特性所决定的。对某一区域来讲，水资源系统是一个完整的体系，水资源的开发利用应以区域水资源的整体作为规划和开发利用单元进行，而且工程的建设也应考虑水资源系统的整体性。但从利用角度，水资源又是综合的和多功能的，水资源开发利用往往是城乡及工矿企业供水、防洪、除涝、水土保持、航运、养殖、观光、水力发电、农田灌溉、水环境保护等功能的综合，而且不时各种目标都混合在一起，难分伯仲。这就要求水资源项目规划和设计时，既要考虑区域内水资源的总体状况，又要兼顾各部门及各种利用方式间的差异，只有这样才能实现区域水资源的合理开发利用。这种区域水资源利用功能的综合性和差异，也决定不同地域水资源价值和价格的不同。

总而言之，水是一种自然之物，而水资源则具有社会、经济特性，被人类开发利用，其主要特性包括：不可替代性、可再生性、水文的随机性和流动性、稀缺性、供水的区域性和市场的垄断性、开发的整体性和利用的综合性、供水的多源性、利害的双重性、商品的公共性和非公共性等。水资源的开发利用既要综合地、全面地考虑上述特性的相互制约，又要协调好与环境 and 生态的关系。

三、水资源工作的对象

水资源工作的对象主要可以归结为三个部分：首先是研究作为自然资源一员的水资源的形成、演化、运动的机理，及其在地球上的空间分布及时程变化的规律，以及在不同区域上的数量；其次是在人类社会及其经济发展中为适应用水的需要而开发利用

水资源的科学途径；第三则是在人类开发利用水资源过程中引起的环境变化，以及这种变化对水资源自然规律的影响，探求在变化的环境中如何保持水资源的可持续开发利用的科学途径等。

第一部分的对象主要是地球水资源本身。与人类关系最密切的是每年通过全球水文循环不断更新补充的地表水（主要是河川径流）和地下淡水，这些水是水资源学的主要研究对象，对这些水的研究基本上是水文学的范畴，也是水资源的基础部分，因此，水文学是水资源学的基础。这部分的研究内容主要是水资源的基础评价，包括评价的理论和方法。科学问题有大气水、降水、地表水、土壤水、地下水的相互转化机理以及在人类活动影响下这些转化机理如何变化等问题。目标是弄清不同流域上的水资源及其开发潜力，为开发利用水资源提供条件。

第二部分的问题主要是如何合理开发利用水资源，核心是水资源的合理配置，包括水资源利用评价和区域水资源规划的原则和基础。由于人类社会在发展中对水的需求不断增长，合理解决好水的供需平衡问题是其中的关键。正确认识并处理好水资源与社会经济间的关系，处理好减轻水旱灾害和水资源开发利用间的关系，正确认识水资源的价值及处理好当前与未来的利益问题等。目标是使水资源的开发利用能适应社会和经济可持续发展的要求。

第三部分的问题主要是开发利用水资源要和环境、生态系统协调好，努力发挥水资源在改善环境和生态系统方面的作用，尽量减少其负作用。正确认识并处理好水资源与环境 and 生态系统间的关系，有效地减轻水污染和污水处理途径，环境变化中水资源的变化规律及其对策等。

综上所述，水资源工作是对水资源进行评价、合理配置、综合开发和合理利用及保护，为社会和经济的可持续发展提供水的保证，处理好水资源和社会经济发展及环境、生态系统间关系，以及对水资源实行科学管理和保护经验的系统总结，以指导水资源业务的进行。

四、水资源工作的基本任务和作用

水资源工作的基本任务就是要为水资源的开发、利用、管理和保护服务。其主要内容包括：

(1) 水资源评价。主要是对于评价范围内的水资源的数量分布、年际和年内变化、水的质量等方面的确定，并评估水资源利用和控制的可能性。包括基础评价、利用评价、水的灾害评价和水环境评价。水资源评价是保证水资源的可持续开发和管理的的前提，是进行与水有关活动的基础。

(2) 水资源规划。主要是对流域或区域内水资源的开发、利用、治理、配置、节约和保护等方面的定量分析和系统集成，为国土规划和江河流域规划提供水资源基础，并通过水量时空分配的再调整和水环境的保护，协调好防洪治涝、工农业和生活供水、水力发电、内河航运、水土保持等专项规划间的关系。

(3) 水资源问题的决策。一般指在水资源开发、利用、治理、保护及管理中对某一行动目标的确定，并对该目标下行动方案的选择。其主要内容包括对制定水资源总体开发规划时由多个待选方案中选定合理方案的决策，以及对已建的水资源工程系统实行调度管理的决策。

(4) 水资源开发利用。包括地表水开发、地下水开发、污水处理回用、微咸水利用、海水利用、跨流域调水和节水措施。地表水和地下水开发利用是目前水资源开发的主要形式。地表水的开发主要是建设蓄、引、提水工程，地下水开发主要是打井。在一些水资源开发利用程度较高的地区，节约用水将是今后水资源利用的主要任务。

(5) 水环境保护。包括水量保护和水质保护，即通过对水资源的合理开发、加强管理，以防止过量开采引用，防止水源枯竭、地下水位过度下降、水流阻塞和水土流失，以及水源受到污染。为此要加强对水源的监测，制定水环境保护规划等。

(6) 水资源管理。指运用行政、法律、经济、技术和教育等手段，组织好水资源的开发利用和水害防治的关系，协调好水资

源的开发利用和治理与社会经济发展之间的关系，处理好各地区、各部门间的用水矛盾，监督并限制各种不合理开发利用水资源和危害水源的行为，以及制定水资源合理配置方案、优化高度原则、对水量和水质进行实时监测与相应措施的管理等，包括水资源的权属管理、使用权分配和用水管理、需水管理和水质管理。

(7) 水资源研究。由于水资源问题的重要性和社会性，许多独立学科在介入水资源问题时发展了水资源学和共同交叉学科，如水资源水文学、水资源环境学、水资源经济学等。虽然从本质上这些新的交叉学科是属于水文学、环境学和经济学，但都是直接为水资源的开发、利用、管理和保护服务的，带有专门性质，并说明水资源问题的多方位性。

五、水资源和水利的关系

在我国由于长期以来就有水利一词的存在，并已形成一些固定概念，当水资源作为行业的代称出现后，水资源和水利就时而一致，时而不一致。不同的人对此有不同的理解。在世界上其他国家，由于历史的原因，并没有我国这样历史悠久又内容广泛的“水利”专用名词，近年来出现“水资源”而作为一种行业，其内容与“水利”越来越接近，以至在把 Water Resources 译成中文时，许多地方就译成“水利”。但在我国由于水资源名词是后来的，在许多地方水利就不能以水资源代替。例如，在《中华人民共和国水法》中明确规定要实行“水资源统一管理”的原则，并为各方所接受，但如叫做“水利统一管理”，恐怕就很难通过。

在我国，水利是已经确立的有关治水业务的综合行业，包括江河整治、防洪治涝、供水兴利、改善人类生存环境等方面的基础工作、前期工作、工程技术、科学管理等方面的全部过程，内容涉及水文学、地质学、地理学、气象学、水力学、材料力学、工程力学、管理科学等，以及水工程的勘测、设计、施工、管理运行和水资源保护等方面的业务工作和科学研究等。根据我国现行管理体制，在水的利用方面如水利、水电、水产和水运等分属

不同部门，不能把一切用水业务都包罗在水利行业范围内，但在水利业务中却需要抓住包括一切利用水的目标在内的水资源综合利用和整治规划，以及水资源的统一管理这两个基本环节，作为综合性水利工作的支撑。由此可见，在已经确定水利事业的情况下，水资源业务应是水利综合业务的组成部分，而不是在二者间划等号。水资源工作是以对水资源的综合评价、合理规划、统筹分配、科学调度以及保护水源和水环境等环节为主体，以达到有效并能可持续开发利用水资源等目标而进行的，其中有的已在水利工作中包括，但随水资源问题的突出而不断深化和发展，也有相当的内容是新的，如水资源评价及各类水资源模型等。

从实践中可以看出，水资源业务多属于水利工作中的前期工作和后期的管理工作，而少涉及水利建设中有关水工建筑物本身的工程技术问题。概括来说，多涉及水利工作中的“软件”，而少涉及“硬件”。对水资源的评价、供需分析、规划等带有基础性，而对水资源的管理和在不同地区间和各用水户间的供水分配，又具有上层建筑性质。水资源管理在我国的实践中又不同于水利管理。从一个方面说，水利管理比水资源管理的内容要广，除了防洪治涝等减灾任务的管理外，还包括水资源的调度、分配等功能的管理，以及水利工程和水利体制的管理。在这种情况下，水资源管理是水利管理的组成部分。但从另一个方面说，由于在我国水的利用分属不同部门，简单用水利管理的名义统管各个方面，是很难行得通的。但用水资源统一管理的名义则是名正言顺的。在这里，水利部门又以其自身业务的范围和其他利用水的部门一道，在同一水平上受到水资源统一管理原则的制约。因此，水资源工作由于其特殊性及在实践中的发展，在许多方面已突破了传统水利工作的范畴，从而形成水利事业中一个后起的分支。

在我国已经存在比较完整的水利科学体系，包含了许多分支学科，可分为基础学科、专业学科、按工程程序划分的学科和综合性分支学科等。水资源学在我国属水利科学中综合性分支学

科，与水利史、水利经济学等并列。这样比较清楚地说明了水资源与水利的关系。但是，水资源工作的发展将使水资源与水利工作融为一体。例如，目前一般认为水利工作包含的范围很广，水资源的工作只是水利工作的一部分。尤其在防洪治涝方面，认为是属于水利范畴的，与水资源无关。但随着水资源工作的进展和缺水地区对水资源利用程度的进一步提高，如何调度运行水库以开发利用常遇的洪水，化水害为水利将会有新的突破，防洪与供水成为一个问题的两个方面。

六、水资源工作和水文工作的关系

1. 水资源工作的基础是水文工作

20 世纪 70 年代水资源名词突然大量出现在我国的实践中，主要是从开展全国性水资源评价工作开始的。当时国际水文科学界讨论的话题以及从书刊上见到国外文献有关水文学方面的文章中水资源的比重突然大了起来，世界气象组织主管水文工作的部门是水文水资源司，美国地质调查局主管水文工作的部门叫水资源处，世界气象组织和联合国教科文组织共同主持进行的一项国际合作学术计划叫水文水资源计划，由联合国教科文组织主持进行并得到包括世界气象组织协助的国际水文计划第一期计划 (IHP—Ⅰ) (1975~1980 年)，突出强调了把水文学的意义延伸到与水资源综合利用、水资源保护等有联系的生态、经济和社会各个方面；而第二期计划 (IHP—Ⅱ) (1981~1983 年) 进一步加强了水文学的水资源方向；第三期计划 (IHP—Ⅲ) (1984~1989 年) 则干脆命名为：“为经济和社会发展合理管理水资源的水文学和科学基础”；第四期计划 (IHP—Ⅳ) (1990~1995 年) 则命名为“在变化环境中的水资源和水文学”；第五期计划 (IHP—Ⅴ) (1996~2001 年) 命名为“在脆弱环境中的水文学和水资源开发”。由于一个时期内这些全球性水文科学活动都与水资源密切联系，使有些人以为水文学正在向水资源学转化。但仔细观察可以认识到，现代水文学正在不断加强和水资源学的协作，而不是用水资源学取代水文学。

为了说明这个问题，首先应当弄清楚水文究竟是怎样的工作。例如，国际水文科学协会从 1972 年制定并沿用到今天的协会章程中，对水文学的目标和任务是这样规定的：“（协会）促进水文学作为地球科学和水资源学的一个方面的研究；研究地球上水文循环和大陆上各种水，如地表水和地下水，雪和冰川及其物理的、化学的和生物学的变化过程；各类形态的水与气候及其他物理的和地理的因素间的关系；以及它们之间的相互作用；研究侵蚀和泥沙同水文循环的关系；检验在水资源管理和利用中的水文问题，以及在人类活动影响下水的变化；提供水资源系统优化利用的坚实科学基础，包括在规划、工程、管理和经济方面传授应用水文学的知识等。”在我国，关于水文科学的定义是在 1987 年出版的《中国大百科全书·大气科学、海洋科学、水文科学》卷中的：“水文科学是地球上水的起源、存在、分布、循环、运动等变化规律和运用这些规律为人类服务的知识体系。”水圈同大气圈、岩石圈和生物圈等自然圈层的关系，也是水文科学的研究领域。”在 1988 年美国国家研究院水科学技术局中，成立了水文科学中机遇问题委员会给水文科学的范畴定义为：“在陆地水文循环中一切尺度的物理的和化学的过程，以及和水文循环相互作用着的生物学过程；在地球系统所有方面的全球水平衡时空分布特性。”从以上各方面的叙述来看，《中国大百科全书》中给出的水文科学定义包括最广，是以地球水圈为基本对象所下的定义；美国国家研究院给出的定义次之，虽然也讲到地球系统各个方面的全球水平衡，但重点则落在水文循环全过程中的陆地水文循环部分；而国际水文科学协会关于水文科学范畴的阐述则基本上说的是陆地上的水文现象。这种情况说明，水文科学在其实际的发展过程中，尽管把全球水文循环和全球水平衡作为水文学的基础对象，但水文学家在研究这个循环过程中偏重于陆面上的过程，而对这个过程的其他部分则留给了海洋学家、气候学家和大气物理学家。同时也可以看到，无论怎么说水文学仍然是以自然界水为研究对象，是应用水文学原理去解决水资源问题，而

不是用水资源学代替水文学。

还有过一种说法，即水资源学是水文学的延伸和发展。这很可能是由于对某些提法的误解。在前述的第一期计划（IHP— I）（1975~1980年）中，曾突出强调了“把水文学的意义延伸到水资源综合利用、水资源保护等有联系的生态、经济和社会各方面”，并在随后的许多国际学术活动中总是把水文学和水资源学相提并论，就使有些人误以为水文学正在向水资源学转化。但是，所谓把水文学的意义延伸到水资源领域，是指水文学应当加强同水资源的合作，并强调水文学要在为水资源的开发、利用、管理和保护的 service 中发展自己，而不是说用水资源学取代水文学。水文学在早期主要是对自然界中水现象的描绘，研究自然界水的循环、演变、运动和转化规律，属地理学的一个分支。当人类开始用工程措施来进一步开发利用和治理水资源时，水文学加强了为水工程服务而出现了工程水文学，但并没有人因工程水文学是“把水文学的意义延伸到为水工程服务”并迅速发展成为水文学的主要内容，而认为水文学是否变成了水利工程学。实际情况是，水文学不仅继续在描绘自然界中水的变化规律，继续为水工程的规划、设计和运行服务，而且在水资源的开发、利用、管理和保护工作中加强了水文学和水资源学的联系，并且把意义延伸到因水资源的开发利用所引起的环境和生态系统的影响方面，这只能说水文学在工程水文学的基础上又前进了一步，即达到水资源水文学的新阶段。这个概念在1986年由陈家琦首次提出，并指出了传统的地理水文学、工程水文学和水资源水文学间的差异。所谓水资源水文学就是把水资源作为一个整体，研究其在天然状态下的水文规律在受到人为的干预后，在一定程度上如何发生变化，以及当这种变化发生后，如何保证科学地分配水源以使整体工程调度方案最优化。水资源水文学就是要把地球上一切水资源，包括各类地表水和地下水、水量和水质、水能，都看作是一个整体系统进行研究，以为水资源的开发、利用、管理和保护提供科学依据。

但水文工作是水资源工作的基础，而不是水资源工作的前身。在水资源有关的科学技术活动中，其中的基础部分大多是水文学的活动。如水资源的基础评价就是其中一例。研究水资源的极值现象如洪、涝、旱、渍等变化规律，也是属于水文工作的范畴。由于水资源问题的日益突出，并不断向其基础水文工作提出新的要求，两者在发展中相互促进，以求在更高层次上相互依存，共同发展。

水文工作的目标和任务是这样规定的：促进水文学作为地球科学和水资源学的一个方面的研究；研究地球上水文循环和大陆上各种水，如地表水和地下水，雪和冰川及其物理的、化学的和生物学的变化过程；各类形态的水与气候及其他物理的和地理的因素间的关系；以及它们之间的相互作用；研究侵蚀和泥沙同水文循环的关系；检验在水资源管理和利用中的水文问题，以及在人类活动影响下水的变化；提供水资源系统优化利用的坚实科学基础，包括在规划、工程、管理和经济方面应用水文学的知识等。

水资源工作与水文工作的不同点在于：水资源学是以研究评价和合理开发利用与保护水资源为总目标，即使水文学发展到了水资源水文学阶段，也仍然是以研究水文规律为主要目标，是水资源学的科学基础。但在研究水文循环中，在陆面上的水文循环除了自然状态下通过土壤和地表植被的蒸腾作用而对水文循环要素的影响外，因社会需水量增加，供水量加大而出现一种受人为影响干预的“侧支循环”，即通过取水、用水和耗水、排水形成的小循环。这个侧支循环在一定程度上影响了陆面上的水文循环。水文工作和水资源工作间的联系，也主要通过这个侧支循环来反映。

2. 水文工作要加强为水资源工作服务

水资源工作中基础性的工作有很大一部分是与水文工作紧密联系的，尤其在水资源评价方面。水资源评价中涉及计算降水量、地表水资源量、地下水资源量等，这些工作是需要水文方面

提供降水、径流、蒸发、入渗、地下水等资料，没有这些资料，没有水文工作为基础，那么水资源的评价工作是无法进行的。水文资料的观测精度、水文资料整编的质量，都关系着水资源的成果的水平。

在水资源基础资料的分析工作中，常常采用水文学的一些分析成果和分析方法。例如，水文观测中取得了流量、水位的观测资料，为了一些分析研究的需要，还用水文学的方法建立水位与流量的关系。在水资源供需分析中，也是采用水文学中最常用的基本原理即水量平衡，进行水量方面的分析计算。在对地下水的分析研究中，常需要地下水的动态资料和地下水补给量方面的资料，这些资料也需要水文工作方面提供。水资源工作中不仅需要水量方面的观测统计资料，还需要河流的输沙量方面的资料和水质方面的资料。因此水资源工作的提高和发展，需要加强水文工作和对水资源工作的支持。

第二章

为水资源服务的基础知识

一、主要水文要素的概念

1. 气候因素

(1) 降水。从流域上以任何方式进入河槽的水都是来自大气降水（雨、雪、霰、雹和冰川等），因而降水是气候因素中最根本和最直接的因素。

靠近地面的大气都含有水汽，大气挟带水汽的能力随气温的降低而减小，当气温降到露点（即空气中水汽达到饱和状态时的温度）以下，并在空气中微粒的作用下，便开始凝结致雨。

空气冷却最重要的原因就是动力冷却，当空气由于某种原因而上升时，因为空中压力愈往上愈低，所以空气在上升过程中要膨胀作功，消耗能量，因上升急骤，来不及向四周吸热，只有从上升空气本身取热，故空气一面上升一面因能量消耗而冷却。冷却达到露点时，水汽开始凝结，当水汽凝结物的体积增大以致不能支持时，就形成降水。

单位时间内降雨量的大小（ mm/min ）称为降雨强度或雨率；降雨所经历的时间称为降雨历时（ h ），降雨所笼罩的面积称为雨面（ km^2 ），以上三者是说明降水的三个基本要素，在其他的条件相同时，强度愈大的暴雨所发生的洪水流量亦愈大，降雨历时长，雨面大则产生的径流量也特别大。此外，暴雨移动的方向对于径流情势也有决定性的影响。例如：顺流而下的暴雨行径造成较大的洪峰，逆流而上的暴雨，造成的洪峰则较小。

1) 降雨的分类：按照空气上升的原因，可以将降雨分成四种：

对流雨：由于地面强烈增热，产生热对流。剧烈的空气

对流可以引起阵风、积云、阵雨，同时雷电交作发生所谓雷雨，对流雨一般范围小、强度大。

地形雨：山地的迎风坡，迫使携带水汽的气流上升冷却因而致雨。如抬升作用强烈，气流所含水汽较多时，云亦可越过山顶达到背风面，但雨量不及迎风面之多。如我国秦岭南北同一经度上的降水量就有显著的不同。

地形雨可为阵雨，可为历时较长的降雨，其范围可大可小，随气团情况与地形而定。

锋面雨：冷气团和暖气团相遇时，因为性质不同，不能立即混合，而在接触面形成的不连续面称为锋面，在冷锋面上冷气团侵入暖气团的下部，把暖气挤向上方，发生动力冷却而致雨，称为冷锋雨，一般冷锋雨强度大，历时短，带有雷雨性质。两气团中若暖气团行进速度快，受到移动缓慢冷气团的阻挡，暖气团就在冷气团上面滑行，因动力冷却而致雨，称为暖锋雨可为历时较长的降雨，由于暖锋面比较平缓，所以暖锋雨的强度较小，历时长，雨面广。

热带气旋雨：赤道附近的海洋上温高湿重，风力微弱，容易产生空气的大规模辐合上升运动，发生猛烈的旋涡而形成热带气旋。热带气旋按其强度共分 5 级，即低压区、热带低压、热带风暴、强热带风暴和台风。

热带风暴和台风因受大气环流的作用而移动，登陆时常带来狂风暴雨，一般雨量很大，并可延续多日，常引起山洪暴发，河水泛滥。

2) 流域平均降水量的推求：根据实际观测资料知道一次降水，或某一时段（年、月）的降水量在流域上的分布是不均匀的，所以就要求得它的平均值。流域平均降水量的推求方法一般有三种：

算数平均法：当流域内各站的雨量分布比较均匀时，可以将各站（有时可将流域附近的测站包括在内）相应的降水量相加除以测站数得均值。

泰森多边形法：是常用的方法，先以直线连接相邻的雨量站成为许多三角形，再绘出各三角形每边的垂直平分线。这些垂直平分线将流域分成若干个多边形，每个多边形内都有一个雨量值，以各多边形面积（流域外部不计）作为权数，求得各站雨量的加权平均数，即为流域平均降水量。

等雨量线法：如流域内有足够的雨量站，则可描绘等雨量线，然后以相邻两等雨量线的均值乘以相邻两等雨量线间的面积，求和再除以总面积得流域平均降水量。

3) 日最大降水量：由于季节的变化，以日计的降水量不同，其中最大的日降水量为日最大降水量，通常统计的有各月最大日降水量和年最大日降水量以及有记录以来最大日降水量。

(2) 蒸发。蒸发过程是水由液态或固态变为气体的过程。不断运动着的水分子在克服分子间的吸引力之后，便逸出水面而进入空气中。温度愈高分子运动的速度愈快，从而逸出水面进入空气中的分子数量也愈多，因此蒸发强度首先决定于水面温度。可是另一方面，一部分逸出水面进入空气中的水分子，在其运动过程中可能再重新回到水中。实际上我们所测得的蒸发量，是逸出水面的水分子量与重新回到水中的水分子量之间的差数。如果进入的水分子多于自水面逸出的水分子，则产生与蒸发相反的过程——凝结。

根据观测资料可以知道：在自然界中的蒸发作用，有时很显著，有时又变得非常缓慢，甚至为零或负值。我们一般用“蒸发速度”来表示蒸发作用的强弱，并可以用单位时间蒸发出去的水深来表示。所谓年、月、日蒸发量就是相应时段内蒸发掉的水量，一般都以毫米为单位。

在自然界中影响蒸发速度的因素很多，并且也非常复杂。如果蒸发发生于水面，则其速度大部分决定于气候条件。若蒸发发生于土壤表面，即除受气象条件影响外，还受到土壤本身的物理性质和化学性质，土壤状况，地势和植物覆盖等等因素的影响。植物的蒸发过程就更复杂了，它是一种物理—生物过程，为了