

## 中英合作水资源需求管理项目 水资源综合管理方法汇编

### 指导手册 1.8/1：需水预测

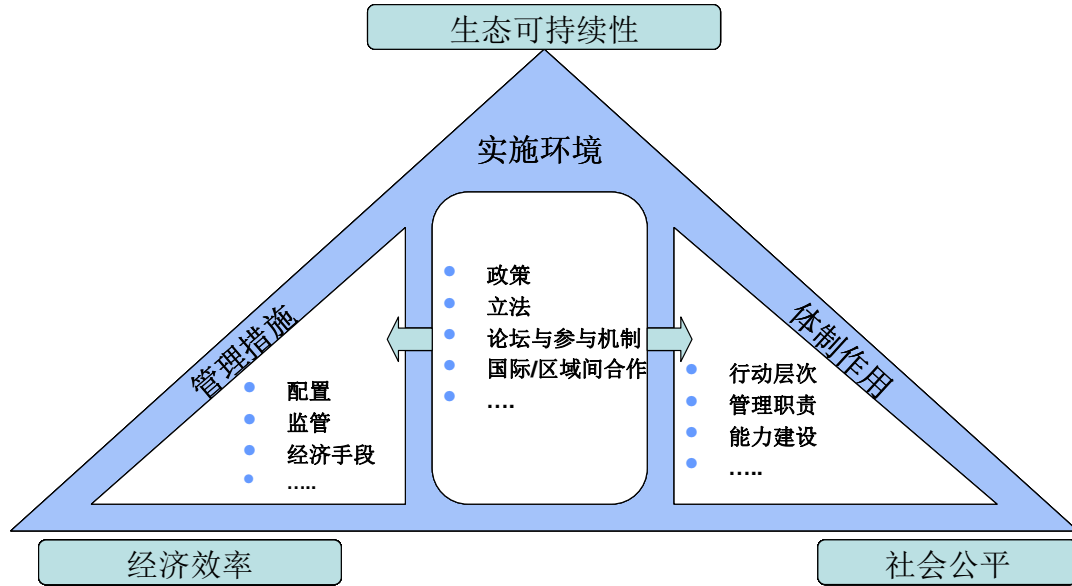
2010年5月



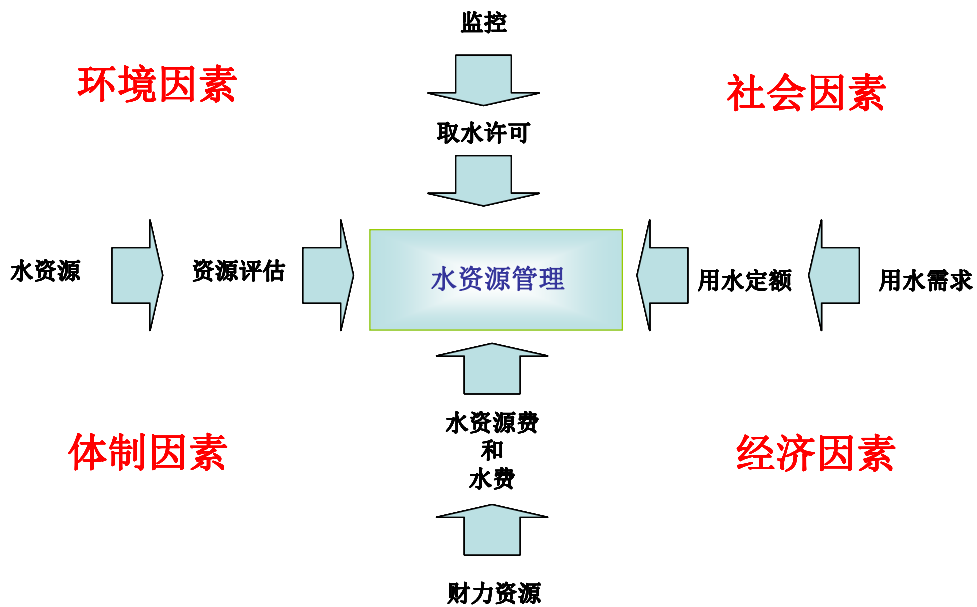


# 水资源综合管理 (IWRM)

(基本原理引自全球水伙伴)



## 水资源综合管理驱动要素



(第二幅图引自水资源需求管理援助项目)



**概述：**本文对城市和农村的需水预测提供了指导，介绍了需水预测计算的原则、步骤和准备工作。

本文还介绍了生活、生产和生态环境需求，给出了在需水预测开始之前应开展哪些准备工作，还给出了按照用水定额法计算需水量的步骤。

本文结构如下：

- 引言
- 概念、方法与原则
- 需水预测的准备工作
- 经济与社会发展指标
- 经济社会需水预测
- 生态环境需水预测
- 需水量汇总
- 资料与成果要求概述
- 成果合理性分析
- 结语

本文是可持续的水资源规划、水量分配和管理主题系列之一。参考书目中有本系列的详细介绍。

在水利部的支持下，根据中英合作水资源需求管理援助项目（WRDMAP）的成果，特编写本方法系列，以辅助省、市、县各级水利（水务）部门的工作，以实现水资源的可持续利用。

## 1 引言

当今世界水资源匮乏的状况日益严重。虽然人们尽了最大努力提高供水能力，但仍不能满足经济社会发展对水资源的需求，更谈不上环境要求。严重的供水短缺成为区域经济发展的瓶颈；各项经济社会活动之间激烈的用水竞争造

成社会裂隙，极易引发社会的不公正性，破坏和谐社会的建设；愈演愈烈的经济用水对生态用水的掠夺导致环境恶化乃至生态的不可持续性的案例不胜枚举。

不断扩大的水资源供需的不平衡对水利部倡导的民生水利的顺利实施构成严峻的挑战。

挑战与机遇并存。以解决水资源供需矛盾为契机，树立先进的资源管理理念，推进水资源综合管理，逐步建立一整套行之有效的资源管理制度和先进的供、用水管理文化。

国内、外水资源管理的经验、教训表明，将水资源管理的重点从传统的供水管理转到**现代的需水管理**是解决问题的有效途径。需水管理摒弃以往的以需定供模式，转向以供定需，采取各种措施抑制对水资源的过度需求，限制其不合理的增长，从而达到水资源的供需平衡，以水资源的可持续利用保证经济社会的可持续发展。

对于纯粹的供水管理，既然供水必须无限满足预测的需水量，因此需水预测“完全放开”，即需水预测没有任何约束。

**合理的需水预测是进行有效的需水管理的前提条件。**在水资源规划中，根据需水预测成果，安排供水工程，进行供需平衡分析。如果当地资源禀赋或其他约束条件（经济、环境或社会）使得水资源供需不能达到平衡，则需要拟定措施方案，弥补供需缺口。而需水管理就是在需求侧采取措施降低需水水平，缩小以至弥补供需缺口。

如果实行需求管理，则需水预测较为复杂，必须考虑需求管理措施的效果，从而形成对需水预测的“约束”。

因此，需水预测成果是否合理直接关系到水资源规划与管理的成败。

需水预测方法很多，如单因素法、多因素法、概率法等，各方法复杂程度

不同。中国和世界上许多地区广泛采用定额法，即设定各用水户的需水定额标准，结合人口增长和城市化发展水平等指标的预测。单因素法最为简单；多因素法另外考虑了影响需求的其他因素，如价格弹性；概率法考虑了每个参数的不确定性。

目前中国采用的方法参见《水资源供需预测分析技术规范》（SL429-2008），水利部 2004 年发布的国家项目文件《全国水资源综合规划—需水预测技术细则》中有更详细的说明。请参照这些原始文件中的具体说明。据了解水利部正在编制需水预测的标准（2010 年 1 月）。

阅读本文请同时参考《专题报告 1.8：需水预测》。

本指导手册试图在总结各地已有大量需水预测实践的基础上，遵循水利部批准、发布的《水资源供需预测分析技术规范》（下面简称《规范》），详细说明需水预测分析计算的原理、程序以及注意事项，提出建议，作为《规范》的支撑材料，目的在于使基层从事水资源规划与管理的技术人员能够在理解原理的基础上，按照指导手册中提供的方法及其计算步骤，提出一套具有统一格式的、合理的、能被各方接受的需水预测成果，作为水资源供需平衡分析的基础，同时供决策部门参考。

本手册分为两大部分。首先论述需水预测的概念、方法以及分析中需要考虑的原则，主要依据的是《规范》规定的定额法，并介绍需水预测分析之前应有的准备工作（第 2~3 节）；然后分节列出按照定额法进行需水预测分析计算的步骤（第 4~9 节），这是本手册的主体部分。编写本手册的目的主要在于指导经济社会需水预测，并且侧重于河道外需水，生态环境需水预测与河道内需水估算不作为重点。

## 2 概念、方法与原则

社会经济不同的发展格局、节水水平和用水效率的差异、水资源时空分布的差异和条件的优劣以及供水能力的充分与否等都会对需水量产生影响。这些影响主要表现为规划期内需水量预测的不确定性和需水弹性上。从规划角度上说，应充分考虑这些变化因素对水资源规划和管理（包括系统设计）产生的影响，以期规划具有较好的适应性和现实可操作性。因此，可以在进行需水预测时通过设定不同的需水方案来反映这些变化因素的影响，即针对每一种社会经济发展情境制订一系列考虑不同节水强度（表现为不同的用水定额）的需水方案，通常可以考虑高强度、中等强度、低强度（无）节水三套需水方案或充分节水与非充分（或无）节水两套需水方案。这样，对于多个规划的社会经济发展情境就组合成了众多的需水方案。

因此，节水措施（以用水定额反映）、发展指标、需水量三者之间关系密切，环环相扣。节水力度（用水定额的下降幅度）必须考虑行业（产品）需水量的增长情况。当区域发展目标已确定，行业（产业）必须加速发展（产品产量大幅度增长）导致需水量有过快增长的趋势时，则有必要加大需求管理力度，在原用水限额的基础上，采用调整结构、改进工艺、利用经济杠杆等一系列措施，进一步压缩用水定额，将需水量限制在一定范围内，适应当地水资源条件，保障可持续发展。

需水量、社会经济发展指标、节水措施与力度（用水定额）之间的内在联系说明不能孤立地研究需水量，需要同时对社会经济发展指标与节水措施方案进行深入分析，在设定需水量指标的同时，既要考虑节水的潜力与可能，也要考虑社会经济发展的要求与水资源的条件。

需水预测的主要方法包括定额法、趋势法、产品产量法、人均综合用水量预测法、弹性系数法等。《规范》建议采用定额法或趋势法，用其他方法进行复核。定额法在水资源规划与管理实践中得到广泛应用，比较成熟，本手册只介绍定额法。

定额法即为指标（有时被称为参数）预测的方法。指标/参数包括社会经济发展指标、生态系统保持和环境保护指标、各个用水户的用水定额指标。待这些指标经过分析确定之后，即可进行各用水户的需水量预测，并反过来利用需水量增长率、需水结构变化及人均需水量等计算成果对用水定额指标进行校正，循环往复直至满足各种条件、要求。

社会经济发展指标、生态系统保持和环境保护指标一般以相关权威部门的规划成果和指标要求为依据，或根据其提供的资料进行分析预测。用水定额指标则完全依靠需水预测人员在收集、分析大量用水资料的基础上对各计算分区中的各用水户分别确定。过程中，遵循以下原则：

- 既要有一定的先进性，又要充分考虑到实际可行性；
- 既要能促进高效用水地区进一步提高用水效率，又可激励低效用水地区尽快赶上先进地区，达到先进水平；
- 既要使较发达地区有更高追求的动力，又要充分照顾到欠发达地区现实的具体条件，保障其合法权益，促使节水型社会作为一个整体均衡发展；
- 既要在使经济效率最大化的同时维持生态系统的可持续性，又要体现社会公正，扶持弱势群体。

## 3 需水预测的准备工作

### 3.1 用水分类

需水预测首先必须对用水户进行分类。按用水地点性质可划分为河道内用水与河道外用水，河道内用水一般不消耗水量；按用途可划分为生活、生产和生态环境三大类，其中生活用水只有河道外用水，而生产和生态环境用水既有河道外用水也有河道内用水。这也是水利部《规范》的分类。

- **生活用水**包括城镇居民生活用水和农村居民生活用水。
- **生产用水**包括各类产业的生产用水（含生产单位内部的生活用水）。其中**第一产业**（农业）用水分为农田灌溉和林牧渔业用水；**第二产业**用水分为工业用水和建筑业用水，其中工业用水进一步划分为火（核）电工业、高用水工业和一般工业用水；**第三产业用水**一般小型、分散，不再细分。生产用水分类与**国家统计局**的产业划分标准保持相对一致，可以方便地获取各种社会经济发展统计指标，分析计算相应的指标用水定额。
- **生态环境用水**分为河道内生态环境用水和河道外生态环境用水。河道外生态环境用水包括维护生态环境功能用水和生态环境建设用水，河道内生态环境用水用于维持河道与河口的生态功能。

按照水利部《规范》的用水户分类见表 1。

用水户的分类可根据需水预测成果提交要求以及资料的可获得性进行归并或进一步细分，注意避免重复或遗漏。

表 1：用水户分类层次结构

用水户分类				备 注	
一级	二级	三级	四级		
河道外	生活	城镇居民生活		仅为城镇居民生活用水，不包括公共用水	
		农村居民生活		仅为农村居民生活用水，不包括牲畜用水	
	生产	农业	农田灌溉	水田	水稻等
				水浇地	小麦、玉米、棉花、油料等
				菜田	菜田
			林牧渔畜	灌溉林果地	果树、苗圃、经济林等
				灌溉草场	人工草场、灌溉的天然草场、饲料基地等
				牲畜	大、小牲畜及家禽
		工业	鱼塘	鱼塘	鱼（苇）塘补水
				高用水工业	纺织、造纸、石化、冶金、化工、食品
				一般工业	除高用水工业和火(核)电工业外的工业行业
			火(核)电工业	循环式、直流式	
	建筑业	土木工程建筑业、线路管道和设备 安装业、装修装饰业			
	第三产业	第三产业及城市消防用水及城市特殊用水等			
	生态	城镇生态环境		绿化用水、城镇河湖补水、环境卫生用水等	
		农村生态环境		湖泊沼泽湿地补水、林草植被建设、地下水回灌	
	河道内	生产	水力发电		水力发电业
航运			内河、内湖运输业		
水产养殖			自然水体的淡水养殖业（不包括鱼塘）， 在河道内生态环境需水中考虑其水量要求		
其他			漂木、水上旅游观光等。		
生态环境		维持河道一定功能		生态基流、输沙、水生生物等	
		河口生态环境		冲淤保港、防潮压咸、河口生物	

### 3.2 计算分区

需水预测计算分区的划分一般采取水资源分区与行政分区相结合的方式。社会经济指标一般按照行政区划进行统计，而水资源的时空分布规律则是基于流域或更小的水文单元呈现。

需水预测的分析计算既涉及到社会经济发展的基础条件及预期目标，又要考虑水资源情势。

可以在全国及省级行政区水资源综合规划统一确定的水资源分区的基础上，根据需要与可能划分需水预测计算分区。水资源贫乏、需水量大、供需矛盾突出的地区，可设置更为精细的分区。

### 3.3 水平年选择

需水预测水平年包括基准年（又称现状水平年）和规划水平年。

应选取资料比较齐备、具有代表性、尽量接近现实状况的年份作为基准年。

规划水平年包括近期、中期、远期规划水平年，通常以距基准年 10~15 年为近期规划水平年，距基准年 20~30 年或更长为中期、远期规划水平年。

应根据需水预测对象的不同选取达到区域或行业发展规划目标的年份作为规划水平年，如区域的国民经济与社会发展五年规划和远景目标、各经济部门的发展规划等，与相应规划协调一致。需水预测水平年要与经济发展规划水平年相关联。

根据要求和具体条件，基准年需水计算和规划水平年需水预测可针对平水年（ $P=50\%$ 或多年平均）、中等干旱年（ $P=75\%$ ）或特枯水年（ $P=90\%$ 或 $P=95\%$ ）。

### 3.4 资料收集

需水预测要求收集大量资料，主要包括：

1. 社会经济发展现状统计分析资料，主要来源于各种统计年鉴。

社会指标主要包括人口数量及其分布变化、城市化率、城镇及乡村发展情况与水平等；

经济指标包括发展速度与规模、产值、增加值、产量以及产业结构等，主要有地区生产总值（GDP）及其增长率、三次产业比例、工业总产值、工业增加值、耕地面积、播种面积、农业灌溉面积、粮食产量和牲畜存栏数等。

2. 用水现状统计分析资料，主要来源于水资源公报以及各种水利统计报表，包括生活、生产、生态用水和综合用水资料等。

生活用水资料包括城镇生活用水量、农村生活用水量等及其用水变化情况或趋势。

生产用水资料包括工业总用水量（包含损失在内，并根据具体情况可分为火（核）电工业用水量、高用水工业用水量和一般工业用水量）、农田灌溉用水量、林牧渔业用水量、工业用水重复利用率、灌溉水利用系数、建筑业和第三产业用水量、城镇供水管网漏损率等及各项用水的变化情况。

生态用水资料包括河道外与河道内生态用水量和环境用水量等及其用水变化情况。

其他用水资料包括人均（单位产值或增加值）综合用水量、地表水资源开发利用效率、浅层地下水开采率、水资源利用消耗率等，以及近年变化情况。

3. 发展规划目标资料，主要来源于经济社会发展规划、国土整治规

划、生态建设与环境保护规划，如各级政府编制的国民经济和社会发展的五年计划及中长期规划，以及有关部门、有关行业编制的部门或行业发展规划。并注意收集有关方面涉及用水的研究分析成果与报告、规划计划文本以及其他成果资料。

### 3.5 基准年需水量确定

需水预测以水资源开发利用情况调查评价成果为基础，在进行规划水平年需水预测前，首先确定基准年用水定额与需水量。根据对现状实际用水量的分析，估算各类用水户应有的合理的用水定额与需水量。要从两个方面考虑，一方面有可能因为供水短缺，用水户合理的用水需求未能得到满足，短少部分需要补足；另一方面有可能因为供水充足，部分用水户超过实际需求滥用水资源，超出部分需要剔除，以真实反映用水户在现状水平下的实际需求。

当然，若采取需求管理措施，所有用水户目前的需水或用水水平必将发生变化。

## 4 经济与社会发展指标

与需水预测有关的经济社会发展指标包括：人口及城市化率、国民经济发展指标、农业发展及土地利用指标等。各项指标一般采用有关主管部门的预测成果，或依据其提供的资料进行预测。注意各项指标要与全国和其他地区的发展指标相协调。利益相关者协商不可或缺。

### 4.1 人口增长与城镇化

人口预测成果应包括：总人口、城镇人口、农村人口、城镇化率，统计口径统一为常住人口。人口预测一般直接采用人口发展规划的成果，或根据计划生育行政管理部门、社会经济信息统计

主体部门和宏观调控部门提供的资料采用人口增长模型或指标法进行预测。

人口增长率为人口的自然增长率与机械增长率的代数和。在城市化快速发展的今天，要特别注意农村与城市人口的大量迁出与迁入。

城镇化预测，结合国家和各级政府制定的城镇化发展战略与规划，充分考虑水资源条件对城镇发展的承载能力，合理安排城镇发展布局和确定城镇人口的规模。城镇人口可采用城镇化率（城镇人口占全部人口的比率）方法进行预测。

在城乡人口预测的基础上，进行用水人口预测。城镇用水人口是指由城镇供水系统、企事业单位自备水源供水的人口。

农村用水人口则为农村地区供水系统供水（包括自给方式取水）的用水人口。

流动人口的生活用水计入第三产业用水中。

### 4.2 经济发展

国民经济发展指标包括地区生产总值及其组成结构、各产业增加值（或总产值）以及发展速度等。注意各项经济指标按照统一的价格水平进行统计和预测。

国民经济发展目标必须考虑当地经济发展特点和资源条件，尽可能利用已有的相关规划成果。除总量发展指标外，同时预测各主要行业的发展指标，并协调好各分行业指标相互之间以及和总量指标之间的关系。若无国民经济和社会发展规划及有关行业规划、专项规划的成果，则根据宏观调控部门、经济综合管理部门和社会经济信息统计主体部门提供的资料进行预测。

由于现在统计年鉴逐渐以增加值指标代替过去的总产值指标，所以各行业

发展指标预测以增加值指标为主，以总产值指标为辅。条件允许时，可建立宏观经济模型进行预测。

如果只进行河道外需水预测，则对以河道内用水为主的水电、航运、水产养殖等行业的经济发展指标可不进行统计和预测。

预测工业经济发展指标时，由于用水量差别很大、用水方式显著不同，对火（核）电工业、高用水工业和一般工业的经济发展指标分别进行预测。

预测火（核）电工业未来发展时，根据具体条件可预测其工业增加值（产值）指标，或装机容量、发电量等指标，并按发电机组凝汽器冷却方式的不同，分别进行预测。

建筑业发展指标根据具体情况可选用增加值、竣工面积、人均竣工面积等指标预测需水变化。

第三产业发展指标除增加值外，根据具体情况还可选用从业人员数、人均增加值等指标进行预测。

注意如果统计、计算的经济活动总产出中包含了河道内用水的经济活动部分，则应扣除，以避免重复计算。

### 4.3 农业发展与土地利用

农业发展及土地利用指标包括：农田灌溉面积、林果地灌溉面积、牧草场灌溉面积、鱼（苇）塘面积、牲畜存栏数等，必要时还可包括：耕地面积、主要作物的播种面积、农业增加值（产值）、粮食产量等。

土地利用指标可直接采用土地利用总体规划的成果，或根据土地行政主管部门、农业发展主管部门和水行政主管部门提供的资料进行预测。

预测耕地面积时，应遵循国家有关土地管理法规与政策以及退耕还林还草还湖等有关政策，考虑基础设施建设和工业化、城市化发展等占地的影响。

灌溉面积的预测以水行政主管部门的现状统计数据为基础，并参考各地的农田灌溉发展规划，进行必要的复核或调整。

农田灌溉面积发展指标应充分考虑当地的水、土、光、热资源条件以及市场需求情况，调整种植结构，合理确定发展规模与布局，并分为水田、水浇地、菜田三种类型。如果资料条件允许，灌溉面积还可按种植的具体作物详细分类。根据灌溉水源的不同，农田灌溉面积也可另外划分成井灌区、渠灌区和井渠结合灌区三种类型。

根据畜牧业发展规划以及对畜牧产品的需求，考虑农区畜牧业发展情况和进行草畜平衡计算后，进行灌溉草场面积和畜牧业大、小牲畜头数指标预测。

根据林果业发展规划以及市场需求情况，进行灌溉林果地面积发展指标预测。干旱、半干旱地区农田防护林面积，计入灌溉林果地。鱼塘（苇田）发展指标一般根据相关部门的规划采用面积指标进行预测。

## 5 经济社会需水预测

### 5.1 生活需水

生活需水预测采用人均日用水量（升/人/日）指标。

根据社会发展指标的预测成果，结合水资源条件和供水能力建设，分别拟定与其经济发展水平和生活水平相适应的城镇居民与农村居民的生活用水定额，预测城镇和农村的生活需水量。

城镇居民生活用水定额，在现状城镇生活用水调查与用水节水水平分析的基础上，参照国内外同类地区或城市居民生活用水变化的趋势和增长过程，结合对生活用水习惯、收入水平、水价水平、节水器具使用与推广程度的分析，最主要的是根据未来的经济社会发展水平和居民生活水平，拟定不同规划水平

年的用水定额。生活水平提高一般将导致需求的增加，而节水水平提高相反会降低用水定额，应综合考虑二者的影响。

农村居民生活用水定额，在对过去和现在用水定额及其变化趋势分析的基础上，综合考虑未来农村经济的发展、生活水平的提高、供水条件的改善以及节水措施的采用等，拟定不同规划水平年的用水定额。

需要分别预测城镇居民与农村居民的生活净需水量和毛需水量。

生活需水量年内分配一般都比较均匀，可按年内月平均需水量确定其年内需水量过程。如果确实季节变幅较大，可通过典型调查和用水量分析，确定月分配系数，进而确定年内需水过程。

### **城镇居民生活用水定额与需水量未来变化趋势展望**

统计资料表明，伴随着经济的发展与生活质量的改善，当今居民生活用水定额已经较以往有很大提高。但一般来说，目前我国总体上居民生活质量还远未达到发达国家水平，因此在可预见的未来，城镇居民生活用水定额总体上仍将继续呈上升趋势。

随着城市化的发展，不但城镇人口的绝对数量会不断增加，占总人口的比例也将持续提高，加之用水定额也呈上升趋势，预计全国各地的城镇居民生活需水量无论是绝对量还是占总需水量的比例确定无疑都将会逐年增加。

### **农村居民生活用水定额与需水量未来变化趋势展望**

同城镇居民生活用水定额一样，农村居民生活用水定额也将呈上升趋势。目前由于种种条件的限制，农村居民生活用水定额普遍大大低于城镇居民生活用水定额。随着城乡差别的缩小，农村居民生活用水定额的上升幅度预计而且也理应大于城镇居民生活用水定额。

由于城市化导致农村人口向城市迁移及农村地区城镇化，农村人口占总人口的比例势必逐年下降，但具体条件不同，发展速度有差异，各地的农村人口自然增长率与一般为负值的机械增长率（人口向外迁移）的代数和不能一概而论确定为正值或负值，即农村人口总数不能确定为增加或是减少。因此，农村居民生活需水量不能如同城镇一样有确定的发展趋势，有可能会不同的变化方向，视当地具体情况而定。

## **5.2 生产需水**

河道外生产需水包括第一产业（农业）需水、第二产业（工业和建筑业）需水和第三产业（商业餐饮业、其他服务业）需水，这样可以和统计年鉴的社会经济指标统计口径相吻合。

### **第一产业**

第一产业需水，也即农业需水，包括：农田灌溉（分水田、水浇地、菜田）、林果地灌溉（含果树、苗圃、经济林等）、牧草场灌溉（含人工草场和饲料基地）、鱼塘（苇田）补水、牲畜（含家禽）养殖等。采用定额法预测需水量。

1. 农田灌溉、林果地灌溉及牧草场灌溉需水，根据净灌溉定额和灌溉水利用系数进行估算。有条件的地区，可通过理论计算确定作物灌溉定额，确定过程参见图 1，其中还需要考虑不同灌溉方式的影响。根据当地水资源条件，决定采用充分灌溉定额还是非充分灌溉定额。

世界各国对作物需水量及灌溉需水量都已做了大量研究，并有广泛实践，已经比较成熟。确定作物种类及其生育期，根据有关气象资料和作物系数，即可计算作物各生育阶段的需水量。然后分析确定作物生长期可以利用的有效

降水量及作物对地下水的利用量，就可以得出作物在自然生长状态下的缺水量，此外再计入附加需水量，如盐碱土壤淋溶、兼具杀死越冬害虫功能的储水灌溉以及施肥灌溉等，推算出作物对灌溉的需求。最后再考虑作物产量与灌溉水量的关系以及诸如可用水量、灌溉的投入—产出等约束条件，就可以拟订作物的非充分灌溉定额。

另外，有关部门或研究单位大量的灌溉试验所取得的有关成果以及当地生产实践经验，也可直接作为确定灌溉定额的基本依据。不同作物的净灌溉定额，根据特定地区的典型种植结构，经过种植面积加权后得到综合净灌溉定额（种植结构可根据农业统计推算）。

如果条件不允许，可直接确定农田综合净灌溉定额，此时应综合考虑作物组成、气候条件、灌溉制度、复种指数等因素。结合灌溉面积预测成果，计算灌溉净需水量；再结合田间水利用系数和渠系水利用系数，计算灌溉毛需水量。灌溉水利用系数的拟定依据灌区节水规划，需要考虑不同类型灌区的差别，以及灌区实施节水措施的影响。

可根据需要进行不同降水频率下的灌溉需水量预测，分别提出降水频率  $P=50\%$ 、 $P=75\%$  和  $P=95\%$ （或  $P=90\%$ ）的灌溉定额，分别代表平水年、中等干旱年和特枯水年的灌溉定额。必要时可采用长系列降水资料分析计算。

确定灌溉定额的具体方法和详细过程参见专门编写的指导手册和其他有关文献。

灌溉用水具有季节性和年内分配显著不均匀的特点，应综合考虑作物组成及不同生长期的需求、灌溉制度，以及降水月分配过程等影响因素，结合典型调查，提出灌溉需水量的月分配过程。

农田、林果地、牧草场灌溉需水量预测的程序基本相同。

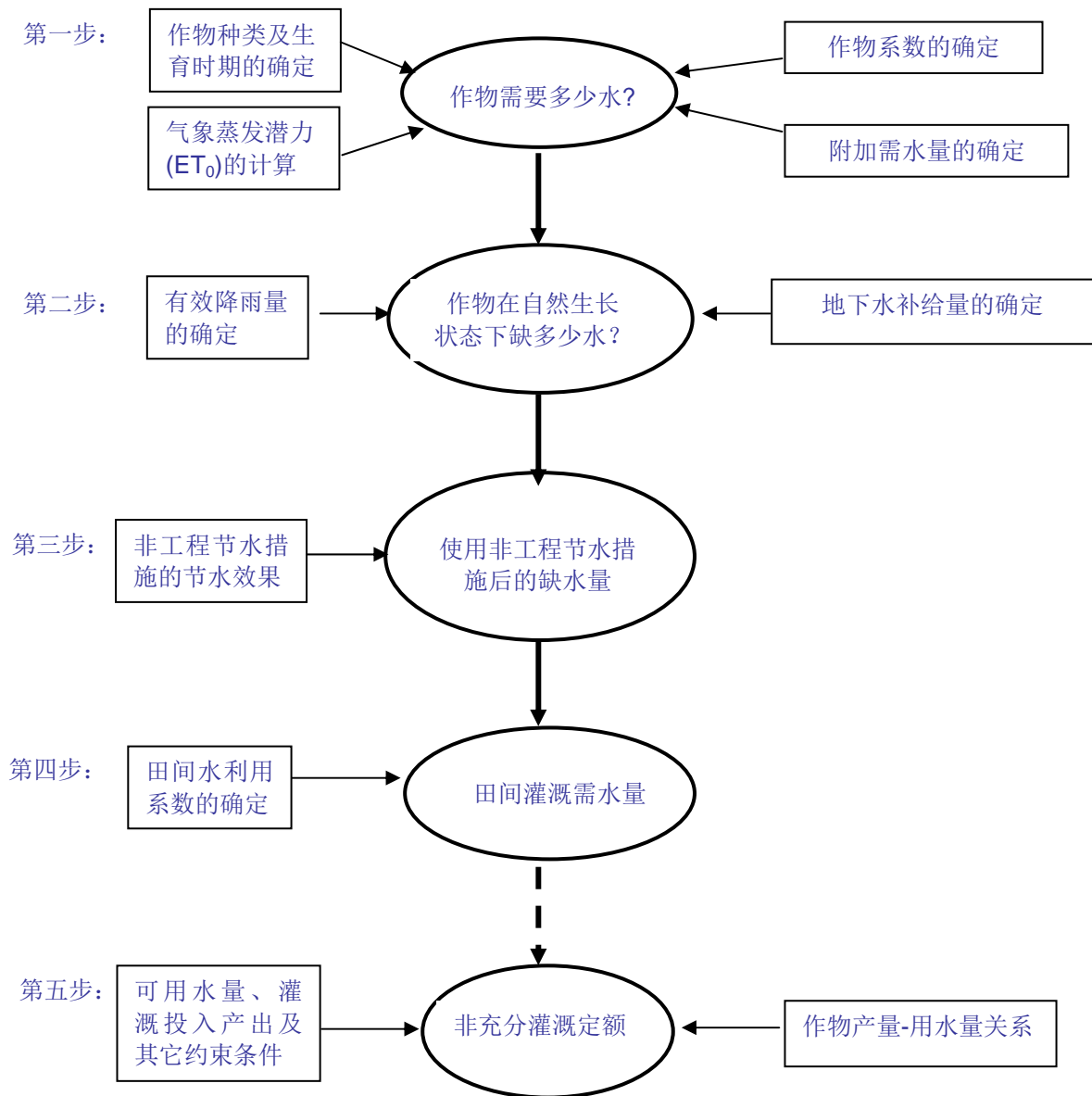
### **灌溉用水定额与需水量未来变化趋势展望**

受诸多因素影响，我国水资源供给形势日趋严峻。作为第一大用水户，农业灌溉用水量（就全国范围来说，接近总用水量的三分之二）的节约受到广泛的关注。

随着各种节水灌溉技术的推广和非充分灌溉定额研究的深入，作物灌溉定额必然降低，尤其是随着作物种植结构的调整，近年来综合灌溉定额下降趋势明显。因此，虽然全国灌溉面积在逐年增加，但农业灌溉用水量基本保持平稳，而其占社会经济总用水量的比重则在逐年下降。预计综合灌溉定额继续下降、灌溉需水量持平而占总需水量比例降低的趋势未来将会持续相当长的一段时期。

就灌溉行业内部来说，由于生态环境问题日渐受到重视，退耕还林、还草政策逐渐得到落实，比农田更具生态效应的林果地、牧草场面积将继续扩大，其灌溉面积的增长势头也将大于农田灌溉面积，在生态环境比较脆弱且宜林、宜牧范围较大的西北地区这一趋势将更为显著。因此，林果地和牧草场灌溉需水量占总灌溉需水量的比例一般来说将会有所提高，视当地具体情况而定。

图 1：灌溉定额确定过程



2. 牲畜（包括家禽）需水量指家畜家禽养殖需要的水量，主要包括牲畜饮水、洗浴、畜舍清洗等。

通常按大牲畜、小牲畜、家禽三类分别确定其用水定额，也可根据肉产量折算成牲畜头数估算需水量。如果条件允许，可按照牲畜的具体种类确定用水定额。

同一种牲畜放养、圈养、舍养（包括舍饲、半舍饲）的需水定额各不相同，而另一方面即使是同属于大（小）牲畜在饲养方式相同的条件下由于牲畜具体种类不同而需水定额也会相差甚远。因此，牲畜用水定额的拟订需要同时考虑牲畜的饲养方式和牲畜的种类结构。（与灌溉需水相比，牲畜需水通常不大，而且一般只局限于局部地区而非整个区域——但是局部地区牲畜存栏数高度集中仍会对该地区产生较大影响）。

3. 鱼塘需水量根据鱼塘面积与补水定额估算。补水定额为单位面积的补水量，根据降水量、水面蒸发量、鱼塘渗漏量和需换水次数确定。规划水平年的鱼塘补水定额可与基准年做相同处理。（与灌溉需水相比，鱼塘需水量通常很小，一般只对局部地区而非整个区域产生影响）。

生产性苇田用水定额预测可仿照鱼塘。

### 禽畜养殖与鱼塘补水用水定额与需水量未来变化趋势展望

牲畜需水定额在可预见的未来将呈增加趋势。这主要是考虑到我国很多地区有过牧现象，放养范围应逐步缩减，需要扩大圈养和舍养的比重，同时改善饲养条件，提高动物福利水平，因此要求需水定额有一定程度的增加，但增幅不宜过大。

随着我国达到小康社会的目标，向中等发达国家的目标迈进，动物产品的需求量未来将显著增加，要求畜牧业有较大幅度增长，因此将导致牲畜需水量的预期增长，但其占总需水量的比例由于各地规划的产业结构不同而将有不同的增减趋势。

居民蛋白质摄入量要求的提高需要扩大水产品产量，导致未来水产养殖需水量在全国范围内总体上将有所增加。

## 第二产业

河道外第二产业需水包括工业需水与建筑业需水。

1. 工业需水按火（核）电工业、高用水工业和一般工业三类用户进行预测，必要时可再细分。预测方法除定额法外，还有趋势法、重复利用率提高法、弹性系数法等方法。有时也采用其他方法，包括对大型工业企业用水单独计算。

高用水工业和一般工业需水可采用万元增加值需水量指标进行预测。火（核）电工业分循环式、直流式两种冷却用水方式，根据具体情况采用单位发电量用水量指标、单位装机容量用水量指标或单位发电产值（增加值）用水量指标预测需水量，必要时分别对其取水量和耗水量进行预测。

有关部门和省（自治区、直辖市）制定的工业用水定额标准，可作为基础参考数据，并参考目前经济比较发达、用水水平比较先进的国家或地区现有的工业用水定额水平结合本地发展条件确定工业用水定额。（参见本系列手册的专题报告 1.8）。

在进行工业用水定额预测时，要充分考虑各种影响因素对用水定额的影响，包括：①行业生产性质及产品结构；②用水水平、节水程度；③企业生

产规模；④生产工艺、生产设备及技术水平（考虑可以利用的最先进技术）；⑤用水管理水平；⑥水价及需求弹性。

当地供水水源、供水条件、供水系统等也会影响到工业用水定额的确定。需要根据其实际情况，结合供水规划和节水规划成果，综合分析并合理拟定各类工业部门规划水平年的水利用系数。

工业用水年内分配相对均匀。如果年内用水变幅确实较大，可通过典型调查进行用水过程分析，计算工业需水量月分配系数，确定工业用水的年内需水过程。

2. 建筑业需水可采用城镇人均用水量、单位建筑面积用水量或万元产值（增加值）用水量等指标进行预测。应在用水量指标变化趋势分析的基础上，根据具体情况和未来经济发展水平，拟定不同规划水平年建筑业用水定额，预测其需水量。

建筑业水利用系数可参照生活供水系统的水利用系数确定，预测建筑业毛需水量。城镇人口的增长预示或者说代表了建筑业需水量的增长趋势。

建筑业用水量年内分配相对比较均匀，如果年内用水量变幅确实较大，通过典型调查进行用水量分析，计算需水月分配系数，确定用水量的年内需水过程。

### **第二产业（工业、建筑业）用水定额与需水量未来变化趋势展望**

长期以来，我国的工业用水定额一直在稳步下降，特别是近些年来，由于供水的日趋紧张以及国家有关政策的制定与实施，下降的趋势更为明显。随着技术的进步、工艺的改善、管理的加强，各种工业产品的用水定额无疑还将继续下降，而且随着节能减排政策的落实与节约型社会的建立，工业内部结构向节水型方向调整，目前工业综合用水

定额快速下降的势头将会在未来延续很长时间。

由于我国的工业化总体上还远未达到顶峰，工业经济无论是绝对量还是占国民经济总量的比例在可预见的未来无疑都将继续以较高速度攀升（预期同时也是规划），因此虽然工业用水定额下降，但工业需水量总体上无论是绝对量还是占总需水量的比例都将有预期增长。

建筑业的发展趋势类似于工业，并与经济以及城镇化的发展紧密相关。虽然随着节水水平的提高综合用水定额预计将会有所下降，但其需水的绝对量和相对量都将有预期增长。由于目前建筑业用水量占社会经济总用水量的比例很小，即使发生超预期的增长，也不会对总的用水格局产生实质性的影响。

### **第三产业**

第三产业主要集中于城镇地区，应用定额法预测需水量时可以采用城镇人均用水量（相应于城镇人口数量的第三产业规模）、万元增加值用水量、从业人员人均用水量等指标。第三产业涵盖行业门类众多，各种行业用水差异较大，确定综合用水定额时要充分考虑行业的组成情况。

第三产业的水利用系数、用水年内分配过程等可参照城镇生活需水量预测中采取的方式确定。

### **第三产业预期增长及其用水定额与需水量未来变化趋势展望**

第三产业内部结构的复杂性与多样性表明其综合用水定额在不同区域之间必然有明显差异，同时也表明用水定额在未来规划期内提高或下降趋势的不确定性。必须在充分分析现有第三产业结构条件下用水定额的基础上，结合国家和地方的产业发展政策以及第三产业的行业发展规划，考虑当地的具体条件，

确定第三产业综合用水定额的变化率（提高或下降）。

国家产业发展政策明确第三产业属于优先发展产业。虽然改革开放以来第三产业的增长在全国范围内普遍显著高于其他行业，但由于基础薄弱，到目前为止，总体上第三产业占国民经济总量的比例与发达国家甚至一些发展中国家相比还处于较低水平。因此，第三产业仍有巨大的发展空间。遵循国家的产业发展政策，在制订发展规划时应将第三产业列为优先发展的产业，预计未来其增长率仍将高于第一产业和第二产业，将使我国尽快跨越工业化时代而进入后工业化时代。

虽然预计第三产业将以远高于其他行业的速度发展，可能相应地导致其需水量也将有一个较为可观的增长速率，但相对而言，第三产业属于节能、节水型产业，如果产业内部结构调整趋向于节水型，则也有可能第三产业的需水量增长并不会十分剧烈，预测时应视具体情况而定。

鉴于目前第三产业在全国普遍发展水平还比较薄弱，其用水量无论是绝对值还是相对量与其它主要用水户相比都偏低，因此总体上讲其用水定额和需水量的变化剧烈与否在相对较短的规划期内并不能对总需水量的大格局构成实质性的影响。但应注意，第三产业用水量基本上都集中在城镇地区，在第三产业相对发达的城镇所在地区对当地需水结构的变化走势还是会起到一定作用，在大城市所在地区还会产生较大影响。

据统计，目前一些城市（主要是超大型城市）公共用水已超过居民家庭生活用水，在拟订第三产业需水量在规划水平年的增长幅度时，可参考这一变化趋势。

需要指出的是，第三产业通常由自来水公司供水，与生活用水采用同一供水系统。

### 5.3 河道内生产需水

河道内生产需水量主要包括航运、水力发电、河湖淡水养殖、漂木和旅游、休闲、娱乐等用水需求。（注意：采用“生产”一词是为了区别“生态”需水）。

河道内各项生产基本不消耗水量，但对河道内的水深、流量等有一定的要求，应根据其各自的特点和要求，参照有关计算方法分别估算河道内各项生产需水量。

河道内生产需水量要与河道内生态环境需水量综合考虑。

## 6 生态环境需水预测

生态环境需水指维持生态和保护环境所需的水量，有时还包括生态建设和环境改善所需的水量。

以社会经济发展总体规划和生态环境保护建设等相关规划为依据，并综合考虑当地水资源条件，拟订规划水平年的生态环境保护、修复和建设目标，再根据这些生态环境保护、修复和建设目标，预测规划水平年的生态环境需水量。

生态环境需水划分为河道外生态环境需水与河道内生态环境需水。

河道外生态环境需水指保护、修复或建设给定区域的生态环境需要人为补充的水量，进一步分为（a）城市生态环境需水（包括城市河湖补水、绿地及景观美化需水、城市清洁和道路冲洗等环境卫生需水）和（b）农村生态环境需水（包括人工回补地下水、防护林草灌溉用水等）。

河道内生态环境需水指维持河流生态系统一定形态和一定功能所需要保留的水（流）量，按生态环境要求可分为生态基流、最小生态环境需水量、满足特殊要求生态环境需水量和河道内生态环境总需水量四个层次；按功能可分为

维持河道基本功能的需水量（包括防止河道断流、保持水体一定的稀释能力与自净能力、河道冲沙输沙以及维持河湖水生生物生存的水量），通河湖泊湿地需水量（包括湖泊、沼泽地需水），河口生态环境需水量（包括冲淤保港、防潮压碱及河口生物需水）。

根据不同规划水平年生态环境维持与修复目标和对各项生态环境功能保护的具体要求，在基准年的基础上，结合实际情况，考虑当地水资源条件，采用相应的方法预测河道外生态环境需水量，确定需要人工补充的水量。

对城市绿化、防护林草等以植被需水为主体的，可参照农业灌溉需水量预测的方法，采用灌溉定额法进行预测，其中城镇绿化或景观美化需水也可采用人均绿化用水指标或单位绿地面积用水指标进行预测（根据现有及规划确定绿地美化面积或其占市区面积的比例，估算绿化美化面积，以此作为需水量预测的基础）。

对河湖、湿地等补水，可采用计算耗水量的方法，根据需维持的河湖面积，分析单位水面面积蒸发和渗漏损失，并适当考虑改善水质的换水要求，拟定水面面积的补水定额进行预测。根据当地经验估算需水量，对“定额法”进行校核。

河道内生态环境需水目标通常用河道内需要保留的平均流量的百分比表示。河道内生态环境需水量属非消耗性用水，计算方法很多。可根据具备的条件和工作的要求，选择合适的方法计算河道内生态环境需水量。水利部发布的规范等一些文件列举了改进 Tennant 法。具体方法可参阅《江河流域规划环境影响评价规范》（SL45—2006）、《生态需水评估技术导则》和其他有关文献。

## 7 需水量汇总

由于不同行业、不同地点的用水性质不同，分别按河道外与河道内进行需水量汇总。

河道外需水量汇总基于不同水平年、不同年型、不同方案预测的生活、生产（不包括河道内生产）和生态环境各项河道外需水量。根据成果分析的需要，也可按城镇和农村分别汇总，或者根据城市发展规划的要求，按建制市单独汇总，以及按行政区划汇总。

如果不考虑河床渗漏和大型湖泊水面蒸发，各项河道内用水一般不消耗水量，对同一水体可以共同利用，但要通过在河道中预留一定的水量给予保证。只要河床渗漏和排泄入地下水不是明显问题，上游的河道内用水到下游也可以被重复利用。在分别计算各项河道内需水量的基础上，将河道内各项生产需水量与河道内各项生态环境需水量，采用分时段（例如月）取外包线的方法，并将各时段的外包值相加，进行综合汇总和协调平衡，得出综合的河道内需水量。河道内需水量不参与河道外水资源供需平衡分析，但需要统筹协调河道内、外用水，进行区域水资源在河道内、外的合理分配。

## 8 资料与成果要求概述

《规范》中详列了各地区进行农业、工业、建筑业、第三产业以及生活需水预测所需要确定的特征指标：

- 人口发展指标（城、乡人口，城市化率，城、乡地区供水管网覆盖人口比例）；
- 国民经济不同行业（农业、高用水工业、一般工业、火（核）电等）主要经济指标；
- 农业发展和土地利用指标（耕地面积，划分为水田、水浇地、菜田、

- 林草的灌溉面积，鱼塘补水，牲畜数量）；
- 不同灌溉类型的灌溉面积指标（地表水、地下水、地表水和地下水联合利用，以及每种灌溉类型的水田、水浇地、菜田、林草）；
- 城市地区社会经济发展指标（按产业类别，主要是增加值）；
- 生活需水预测（各水平年的城市和农村人口、定额、用水效率、毛水量）；
- 基准和推荐两种方案的农田灌溉需水预测（50%或多年平均、75%、90%不同降水频率下的水田、水浇地、菜田、林草的灌溉定额，田间灌水效率，不同层级渠道的输水效率，如可以表示斗口的需水量，不同降水条件下的毛需水量）；
- 基准和推荐两种方案的林、牧、渔及牲畜需水预测（面积、数量、净定额、灌溉效率等）；
- 灌溉用水月分配系数；
- 林、牧、渔用水月分配系数；
- 河道外用水的工业需水预测（有不同类型定额，如  $\text{m}^3/\text{万元}$ 、 $\text{m}^3/\text{万千瓦}$ ）；
- 建筑业和第三产业需水预测（定额，如  $\text{m}^3/\text{万元}$ ，并考虑输水效率）；
- 按城、乡分别汇总净需水和毛需水（纳入灌溉需水预测中的降水概率）；
- 河道内主要控制节点的生态环境需水预测（月平均流量、环境流量占月平均流量的百分比、累计的年水量，以及冲淤、压咸水量）；
- 城镇生态环境需水预测（城市景观、城市河湖补水等）；

- 其他河道外生态环境需水预测（河道外湖泊、湿地生态补水，人工回灌地下水，生态林草需水，定额形式包括  $\text{m}^3/\text{公顷}$ 、 $\text{m}^3/\text{万 m}^3$ 等）；
- 上述所有内容汇总。

以上各项构成了流域或区域需水预测资料及成果要求的基础。地市层次与省级的需水预测的项目、计算假设等类似。流域机构可利用以上信息审查区域需水预测或进行流域的需水预测。

## 9 成果合理性分析

由于需水预测涉及因素非常多，分析计算过程相当复杂，因而其结果具有不确定且复杂多变的特点，而且规划期越长，不确定性程度越高。对数据资料的可靠性、分析计算的条理性以及成果的合理性进行认真校验是成功需水预测的必要条件。校验过程必须清晰、系统，要遵守政策规定并注意与其他规划的衔接，同时与利益相关者充分合作，进行咨询协商。

方法的校验：应用其他多种需水预测方法复核定额法的计算结果。在对各种方法的预测成果进行相互比较和检验的基础上，进行综合分析，提出相对可靠的需水预测成果。

成果的校验：需水预测成果合理性分析的内容包括：发展趋势分析（各类预测指标发展变化趋势的合理性分析）、结构分析（区域间和各类用水户间的数据协调性分析）、用水效率分析、节水指标分析、人均指标分析、与国内外条件类似地区的类似发展阶段的指标比较分析、和其他相关规划与研究成果（如水资源开发利用情况调查评价、节水规划、供水规划、水资源配置、区域发展规划、行业发展规划）的协调分析等。

成果校验应重点分析经济社会发展指标和需水预测指标与当地水资源条件、供水能力的协调发展关系，验证预

测成果的合理性与现实可能性。例如利用需水量增长率、需水结构变化及人均需水量等计算成果对需水定额指标进行校正，循环往复直至满足各种条件、要求。所有这类修正和调整需要有清楚的解释并记录在案，便于利益相关者了解情况，同时作为将来参考。

“合理性分析”之所以需要是因为某个特定规划水平年的需水预测可能会导致供需不平衡，但现实中无法采用供水解决方案弥补缺口，它是水资源规划过程中暴露的问题。因此需水预测过程中需要根据不同假设条件生成不同情景方案。有可能出现即使是“低需水预测情景”下某个特定水平年可利用水资源也无法满足需求的情况，此时只能检查需水预测，重新审视最初需水预测的基本前提假设，改变指标和假设，以能够达到可持续且现实可行的平衡。要意识到这是水资源规划固有的过程，但其凸显了水资源日益紧缺条件下需水预测的重要性，从而也表明了需水管理的重要性和紧迫性。对本文阐述的需水预测方法进行进一步深入分析之后，可作为决策的技术支持。

需水预测地区的上一级地区权威主管部门对上报的预测成果进行协调平衡分析，对于区域间、行业（部门）间不协调或明显不具有实际可能性的成果，进行反馈和修改。

## 10 结语

本《手册》试图以简明扼要的方式说明需水预测的概念，并介绍应用定额法预测规划水平年需水量的分析过程。本文的主要依据是《水资源供需预测分析技术规范》（SL429-2008）和水利部2004年发布的《全国水资源综合规划—需水预测技术细则》。需水预测主要采用定额法，涉及众多用水定额。

目前常用的需水预测方法有多种，各有其适用条件和局限性（参见专题报告 1.8）。建议进行需水预测时采用不同

的方法，在对各种方法的预测成果进行相互比较和检验的基础上，进行综合分析，提出需水预测成果。

需水预测是作为水资源规划和管理依据的水资源供需平衡分析的基础工作，而且有效的需水管理也必须建立在合理的需水预测基础之上。需水预测需要深入考虑需求管理规划和方案中的所有内在因素。

水资源规划与管理中的需水预测分析涉及自然、环境、社会、经济等诸多领域，与水资源的开发、利用、治理、配置、节约、保护等各方面都有密切联系。需水预测结果应进行合理性分析，确保其可靠性，要与同时期的经济社会发展规划、国土整治规划、生态建设与环境保护规划、行业发展规划等相协调，保持一致。同时需水预测本身各项要素也要相互协调。

要确保各行业和各区域之间需水预测方法上的协调一致。合理性分析要求的一个主要方面就是评价计算方法是否合适，参数选取是否恰当，概念上是否正确，数值是否合理，是否能反映预期的未来状况。与不同行业和机构的利益相关者的协作、协商至关重要。

对于经济社会发展、节水发展受不确定因素影响较大的地区，可设置多个需水预测方案，给出预测值的幅度或范围。对于设定的规划水平年，拟订不同的经济社会发展目标、不同力度的节水方案和需求管理措施，预测需水量并估算节水投资，为水资源供需平衡分析奠定基础，为水资源配置提供依据。

由于供水预测同样也可能有多个比较方案，因此需水预测比较方案与之互相组合将在水资源规划过程中产生复杂的方案集。可通过比较，适当筛选，提出一个或数个有代表性和比较意义的方案作为推荐（比选）方案。多方案的比较依据满足用水需求、节约资源、保护环境和减少投入的原则，考虑经济、社会、环境、技术等方面因素对不同组

合方案进行分析、比较和综合评价。根据不同的需求侧情境，尤其是采取不同的需求管理措施条件下，不同的需水预测方案与供水预测方案、水资源供需平衡分析、水资源配置结果进行不断反馈和互动式调整、协调平衡，经过反复多次的比较和平衡分析，最终提出推荐方案的成果。对推荐方案需要进行更深入的分析，作为水资源规划的基础，为决策提供技术支撑。

之所以需要这一过程是因为某个特定规划水平年的需水预测可能会导致供需不平衡，也就是说实际上无法从供水侧制订方案弥补供需缺口。此时只能是通过审查需水预测的前提假设条件，改变指标和假设条件，以能够达到可持续且现实可行的平衡。显然，这同时涉及地表和地下水源均有关。虽然是水资源规划的固有过程，但凸显了水资源日益紧缺下需水预测的至关重要性，从而也表明了需水管理的重要性和紧迫性。本文阐述的需水预测方法可在进一步深入分析之后，作为决策的技术支撑。

此外，随着资源压力不断加剧，预测的准确性日显重要，确保需求不超过供给，消除对环境、经济和人民生活的影响。

随着基础资料统计的规范，可靠程度与完整性提高，以及分析计算方法的日臻成熟，需水预测成果的指标体系也将逐渐完善，并被广泛接受。虽然未来发展的不确定性决定了需水预测永远不可能精确地描述未来状况，给出一个确定的答案，但是其作为水资源规划与管理尤其是需水管理的基础工作的重要性是毋庸置疑的，同时其预测成果也是决策者进行决策时不可或缺的参考依据。

以下是需水预测需要考虑的几个关键因素：

**用水定额**，通过调查分析确定，要经过充分论证，同时说明不同环境和条件下如何对定额做出修正。各省份乃至全国已制定了一些定额标准。注意定额

的采用、表述方式等的一致性。合理的定额是拟订得当的需求管理措施的前提条件。

**水损失系数**，对各类用水户分别确定并得到证实，提出相应改善措施（同样是拟订得当的需求管理措施的前提条件）。

**大量的数据、信息**，从不同利益相关者处获取。与利益相关者的协商过程要记录在案，使数据得到证实，作为需水预测报告的组成部分。

**消耗性用水、重复利用、回归水**，计算结果、假设条件及其他相关信息在需水预测中应予以考虑。

**利益相关者**，来自于不同用水部门，应参与并在某些情况下负责与其发展规划相关的需水预测。

**环境流量**，包括生态需水在内，要明确规定，并进行充分论证。

**自净流量要求**，保证有足够的污染物吸附能力，经过充分论证，做出明确规定。

**需求与资源的关联组合**，要进行明确阐释（同一用水者可能从多个水源取水或是同一水源向多个用水者供水）。可以借助构建恰当的地理信息系统理清之间的关系，同时也可用于完善需水预测的分析计算。但一般是采用工作簿和电子表格的方法，可能更容易被他人所理解、接受。

**取水许可数据库**，要充分利用取水许可资料，有助于制订及论证用水定额。

## 文件参考表

词汇:

书目:

《水资源供需预测分析技术规范》编制组，《水资源供需预测分析技术规范（报批稿）》，2009年2月

水利部水利水电规划设计总院，《全国水资源综合规划需水预测技术细则（修订）》，2004年7月

水利部水利水电规划设计总院，《全国水资源综合规划技术大纲》，2002年8月

水利部水利水电规划设计总院，《全国水资源综合规划技术细则（试行）》，2002年8月

水利部农田灌溉研究所、中国水利水电科学研究院水利所，《北方地区主要农作物灌溉用水定额的研究》，2000年6月

水资源综合管理文件汇编相关材料:

专题报告 1.8: 需水预测

指导手册 1.8/2: 农业灌溉用水定额

如需有关水资源综合管理的更多信息 – 推荐网站:

中华人民共和国水利部: [www.mwr.gov.cn](http://www.mwr.gov.cn)

全球水伙伴: [www.gwpforum.org](http://www.gwpforum.org)

WRDMAP 项目网站: [www.wrdmap.com](http://www.wrdmap.com)



## 中英合作水资源需求管理项目

水资源综合管理方法汇编  
根据 DFID 出资的水资源需求管理援助项目  
(2005-2010)  
中央案例研究报告编写计划

1.  
水资源需求评价

报告由以下部分构成:

专题报告

指导手册

操作指南

实例

培训材料

本方法汇编系列的中英文材料可查询以下项目网站

WRDMAP 项目网站: [www.wrdmap.com](http://www.wrdmap.com)

咨询服务由英国莫特麦克唐纳公司牵头, 其他成员单位包括: DHI (丹麦水力与环境研究所)、HTSPE (UK)、中国水利水电科学研究院 (IWHR)、北京中水新华国际工程咨询有限公司 (IECCO)、国际农村发展中心 (CIAD)、清华大学, 中国农业科学院——农业环境与可持续发展研究所、中国科学院水资源研究中心、甘肃省水文水资源勘测局、辽宁省水文水资源勘测局。

