水资源综合管理—
应对气候变化的有效工具

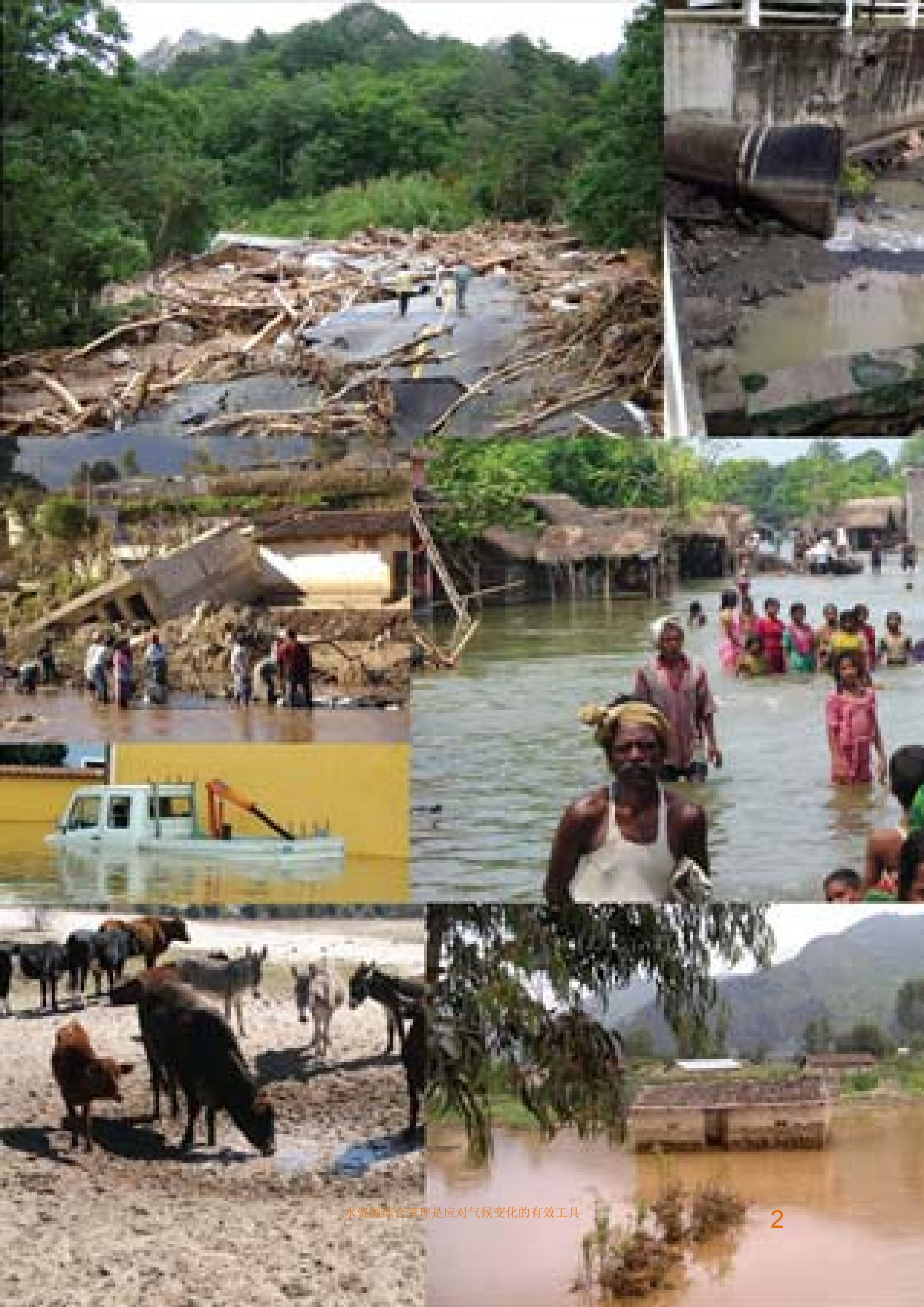
培训手册和协调员指南

2011 年 1 月印制

Cap-Net UNDP

UNESCO-IHE Institute for Water Education

RHAMA



前言

气候变化主要源自人类对能源的过分利用，其影响主要体现在水方面。气候变化以不同的方式影响各个国家，带来强暴雨，增加或减少年降雨量、洪水和干旱。毋庸置疑，任何一种最主要的资源发生变化都将会影响到人类、社会经济和环境，这种影响有时是非常明显的。

就我们目前对气候变化的了解，很明显我们在许多方面还存在不确定性。多数国家仍在辩论气候变化是以何种形式体现的，其影响到底有多大。然而，尽管存在此类不确定性，我们仍要迎难而上，采取措施，合理分配资源，应对气候变化。

这份培训材料的目的是增进我们对气候变化的理解，探索我们当前需要如何行动。这些行动可以应对不同形式的气候变化，并以此为由建议决策者们为气候变化做好准备。即刻采取的最重要的行动涉及到我们管理水资源的方式。今天对水资源管理方式的改进能帮助我们更好地迎接明天。增强对水资源的理解将有助于建设更加高效灵活的水量分配系统和更有利的基础设施投资，进而提高水的利用，减少气候变化带来的风险。我们现在行动起来，本培训材料能帮助我们确定这些行动。

其他培训材料可通过 Cap 网获取，其涉及到气候变化的更多的具体问题，例如水文气候灾难，城市洪水管理、洪水的社区管理。

通过同世界气象组织和联合国科教文组织合作，我们制定了本项目框架，在此感谢他们的支持。

Paul Taylor
Cap-Net Cap 理事

致谢

许多人为本培训材料和协调员指南的编制提供了帮助。Cap-Net、 APFM、联合国教科文组织水教育研究所、REDICA 和 Rhama之间的合作成果显著，我们要感谢编写本培训教材的工作团队。该团队由来自APFM 的Joachim Saalmueller、来自联合国教科文组织水教育研究所的 Erik de Ruyter van Steveninck、来自REDICA的 Lilliana Arrieta、来自贝鲁特美国大学 的Carlos Tucci of Rhama，Hamed Assaf、来自印度科技学院的 Ashvin Gosain和来自Cap-Net的Kees Leendertse组长组成。我们要感谢联合国教科文组织水教育研究所Edwin Hes在协调员指南中的关于角色扮演内容的贡献。从世界各地举办的此类培训课程中，我们收集到了非常有价值的反馈信息。这份培训材料就是根据这些培训课程中使用过的材料汇总而来。

.

免责声明

本文件的制作得到了欧洲联盟的财政援助。
本文所表达的意见不代表欧洲联盟官方的意见。

照片

本出版物中使用了下列人员和机构的照片：
奥地利武装部队、Erik de Ruyter van Steveninck; 韩国Inje-Gun郡；
Kees Leendertse; Lilliana Arrieta 和 Vivek Umrao Glendenning。

目录

简介 7
1. 水资源综合管理和气候变化简介 9
目标 9
1.1 介绍 9
1.2 什么是水资源综合管理？ 10
1.3 水资源管理框架 11
1.4 水管理原则 12
1.5 水资源综合管理对于适应气候变化的重要意义 16
1.6 水资源综合管理如何能帮助应对气候变化？ 16
1.7 实施水资源综合管理 17
小结 18
推荐阅读 18
2. 气候变化驱动因子和影响 19
目标 19
2.1 了解气候变化的驱动力和物理科学基础 19
2.2 对观测到的和预测的水循环影响的理解 27
小结 34
推荐阅读 34
3. 战略发展和适应规划 345
目标 35
3.1 介绍 35
3.2 联合国气候变化框架公约（UNFCCC）下的可用指南 36
3.3 联合国欧洲经济委员会项下可用指导的主要内容 37
3.4 UNDP下可用指导的主要内容 40
3.5 关于针对土地和水资源管理的气候变化适应的对话 42
3.5 关于针对土地和水资源管理的气候变化适应的对话 42
3.6 适应经济学 42
3.7 适应的挑战和机会 43
小结 45
推荐阅读 45
网站链接 46
4. 气候变化对用水部门的影响 47
目标 47
4.1 预测地区气候变化 47
4.2 对水利用部门的影响 49
小结 56
5. 应对不确定性 57
目标 57

5.1 不确定性与气候变化 57
5.2 环境管理中需应对的不确定性 57
5.2 环境管理中需应对的不确定性 58
5.3 不确定性的分类法 58
5.4 不确定背景下的气候变化适应 59
小结 63
脆弱性指标相关网站 63
6. 适应性工具和措施 64
目标 64
6.1 介绍 64
6.2 适应性措施 64
6.3 适应重点主题 69
小结 73
推荐阅读 73
7. 适应水资源管理中的气候变化 74
目标 74
7.1 介绍 74
7.2 水资源综合管理作用是什么？ 74
7.3 合理的管理措施 75
7.4 水资源综合管理规划中的气候变化 76
7.5 流域管理机构角度 78
7.6 合理的适应层次 79
推荐阅读 80
第二部分：协调员指南 81
课程方案示例 82
课程概要 84
练习 88
后续练习案例描述： 91
角色游戏：奈瓦夏湖 95
研讨会规划与培训技能培养 98
推荐阅读 101
参考资料 102
术语表 108
缩略词 113

简介

本培训手册和协调员指南的目的是介绍水资源综合管理的一般原理和实际应用，水资源综合管理是一种适应气候变化的工具。本手册的目标对象是双重的：为该课题的参与者提供理念和实践知识，帮助能力建设者进行短期水资源综合管理培训，以适应气候变化。本手册是有教育性的，同时对课程的目标群体---主要是水管理者和气候变化适应政策制定者是有益的。手册的格式和内容是灵活的，能适应不同的目的，这样手册也可用于教育和宣传活动。教师、版主/协调员应根据各自的地区背景来改编材料，按需要和具体条件来制定相应的应对战略和行动。

本书在结构上分为两部分：一个是培训手册，另一个是协调员指南。第一部分培训手册，涉及到关于水资源综合管理利用原理和功能的概念、战略、制定和指南，特别是河流流域尺度上，以适应气候变化的发生及其影响。一般认为，当应对气候变化被提到战略的高度时，水资源综合管理原理和概念是工具性的。为了解决这个问题，本手册被划分为 7 个议题：

- 水资源综合管理和气候变化简介
- 气候变化的驱动力及其影响
- 战略制定和适应性规划
- 气候变化对用水部门的影响
- 对不确定性的处理
- 适应性工具和措施
- 水管理对气候变化的适应

每个章节都提到各自的目标，这贯穿整个文件。用户面临许多问题和陈述，这能反映概念和战略是否适应各自的实际情况。在每个章节的结尾还提供了额外的阅读资源。

本文件的第二部分是协调员指南。其目的是为能力建设者提供实践指导，组织实施该课题的课程或教育项目。同时，提供了一个范例课程大纲，以帮助构建水资源综合管理和气候变化适应课程，但这绝不是组织此类课程的一个计划。协调员指南还介绍了拟定课程表的会议大纲，包括学习目标、每次分会的简单摘要，所用到的材料、互动小组工作、训练和讨论的时间安排。指南还包括有用网站和其他资源的参考文献。还提供了课程的实践指南，包括研讨会规划、打破僵局的技巧。我们建议，课程组织者应参考 Cap-Net 网站上公布的短期培训课程工具的 Cap-Net 规划。

综合培训手册和协调员指南也可以 CD-ROM 的形式播放，包括辅助材料，例如会议幻灯片、可作为背景阅读、参考文献和案例研究的的源材料。

培训手册的制定得到了不同地区参与者的支持。参与者、课程制定者之间的交流非常有成效，它极大的弥补了材料的弱点和适应性。本书的目的是促进参与者之间的交流，这样在对气候变化适应进行战略规划时，能更好的了解水资源综合管理概念和原理的使用和有效性。

第一部分：培训手册

1. 水资源综合管理和气候变化简介

目标

本章的目标是介绍水资源综合管理的概念和原理，概述实施水资源综合管理，应对气候变化带来的挑战方法。

1.1 介绍

水是生命之源。因此，水是人类的基本需求和权利，没有水，人类难以生存。每个人每天最少需要 20-40 升的水用来满足饮用和基本的卫生要求。但是，随着人口和经济活动的增加，世界上淡水资源需求增加；在有些国家，生活标准不断提高，也增加了对水的需求。很明显，可持续发展，包括维持健康的生态系统和生物多样性，也需要有足够的水。在竞争性需求和使用权发生冲突的事实中，很多人仍然不能平等地获取水，这已成为迫在眉睫的水危机。根据联合国的信息，获得安全饮用水和基本卫生设施是实现千年发展目标（MDGs）的根本（联合国，2006）。这是有效的初级保健护理的的基本要求，是成功实现消除贫困、饥饿、儿童死亡率、两性不平等和环境破坏的先决条件。

许多人认为世界将面临水危机。专栏 1.1 归纳了相关事实：

专栏1.1：水资源综合管理的相互依赖性和需要

- 11 亿人缺乏安全用水；
- 今天，40 多个国家超过 20 亿人受到水紧缺的影响；
- 10 个人中有 4 个人仍在使用不符合基本健康要求的卫生设施；
- 每天有两百万吨的人类垃圾被排放到河道内；
- 每年，因不安全的水、缺乏基本卫生条件造成至少 160 万 5 岁以下儿童的死亡；
- 发展中国家有一半的人口受到污染水源的威胁，这增加了发病率；
- 20 世纪 90 年代，90%的自然灾害与水有关。
- 未来 50 年全球人口从 60 亿增加到 90 亿将是水资源管理的主要驱动力。

来源： Cap-Net 2006

Cap-Net 关于水资源综合管理基本原理的指南注意到：

- 人口增长、经济活动和用户之间的竞争加剧对水资源造成的压力越来越大；
- 取水量的增长速度是人口增长的两倍，当前，世界上三分之一的人口所居住的国家面临中等到高等的用水压力。
- 由于污染降低了水的可用性，因此它进一步加重了水荒。
- 水管理缺陷、重点放在开发新源头而不是将现有的水况管理的更好、部门严密的水管理方法将导致资源开发和管理的不协调；

- 越来越多开发手段对环境造成更大的影响
- 对气候变异和气候变化的担忧要求加强水资源的管理，以应对更强烈的洪水和干旱、以及季节性变化。

当前水危机给水务部门带来很大的挑战，具体体现是，水务部门必须解决以下问题：

- 人们如何能获得水和卫生？
- 如何解决各种用户之间的竞争，而不会破坏经济增长目标？
- 如何保证对重要生态系统的保护？

若不能应对这些复杂的挑战，就很难实现社会可持续发展的总目标，特别是水资源管理和开发方面。越来越多的人认为，水资源综合管理能应对这些挑战。

专栏1.2：水供应和卫生所面临的挑战和解决方法

改善用水现状存在一定困难，因为在发展中国家，不同的政府部门共同负责对水资源的管理。没有单独的部门起到主导作用，这些部门之间通常意见不一致。例如，农业部门通常更关心提高灌溉和粮食生产，而其他部门则更关心改善饮用水供应和卫生。

改善用水和卫生则要求：

- 发展中国家须承诺使其成为优先事项；
- 适当的长期融资；
- 安排解决水和其他相关的环境挑战的竞争要求；
- 增加对穷人的支持，确保能听取他们的要求；
- 提高政府的能力，以便向所有公民提供服务；
- 提高政府的反应能力和责任，以满足所有用户的需求，特别是那些生活在贫困中的人。

来源：摘自国际发展署，2006

1.2 什么是水资源综合管理？

水资源综合管理是在一定的社会、经济和环境目标背景下水资源的可持续发展、分配和监测(Cap-Net，2005a)。它是跨部门的，这同许多国家采用的传统的部门方法形成了鲜明的对比。水资源综合管理还要考虑由所有利益相关方参与的决策。

水资源综合管理是一种思维模式的转移。同传统的方法相比，有以下三点不同：

- 多个目标和目的交错在一起，这样水资源综合管理有别于传统的部门方法；
- 在空间上，其重点是流域，而不是单一的河道。
- 它要求抛开狭隘的专业和地缘政治观点，扩大到由所有利益相关方参与决策。

水资源综合管理的基础是各种水资源利用是相互依存的。如果未能认识到这种相互依存性，进而无节制地利用水资源，将导致水的浪费，从长期来看，难以实现水资源的可持续性。

专栏1.3：相互依存性及对水资源综合管理的需求

较高的灌溉需求、农业引起的河流污染将减少饮用水或减少工业用水可用量；被污染的市政和工业废水污染了河流，威胁着生态系统；使河水不受污染，以保护渔业和生态系统，这就意味着河水不能用于作物种植。水资源综合管理认识到水利用的这种相互依存关系。

来源： *Cap-Net 2006*

综合管理并没有将用水户隔离开来，或采取许多国家使用的分业种方法。相反，水资源分配和管理决策考虑了每次使用水对他人造成的影响。因此，社会、经济和环境可持续性的交叉目标被认为是集体行为，跨部门的政策可形成更加一致的、协调的政策。总之，水资源综合管理让我们认识到，水是十分珍贵的天然资源，其运输及使用之间存在许多相互依存的关系。

你能否举例说明你自己国家哪儿存在这种相互依赖的用水状况？

资源综合管理的基本概念已经扩展到包括参与式决策，在 1.4 节中将对这一概念进行更详尽的讨论，同时涉及水的管理原则。

不同用户群体（农民、社区、环保人士和其他人）可能影响水资源开发和管理的战略。这将带来额外的效益，可以告知用户对相关问题进行地方自治，如节约用水和保护集水区，这比中心管制和监控更能有效地实现。

在本文，术语“管理”使用了其广义含义，它强调不仅集中于水资源的发展，还要自觉地应对能保证子孙后代可持续利用水的发展(Cap-Net，2005a)。

1.3 水资源管理框架

水资源综合管理应在一个整体框架内进行，以应对：

- 所有水（空间）；
- 所有利益（社会）；
- 所有利益相关者（参与）；
- 各级（行政）；
- 所有相关学科（组织）；
- 可持续性（包括环境、政治、社会、文化、经济、金融和法律等全部意义上的）。（雅斯贝尔斯，2001 年）

该框架是如此广泛，水资源综合管理的目的是要抛弃分部门的方法，通过创建一个政府和利益相关者用来规划和实施的平台，创造环境、体制、社会、技术和财政可持续性，并处理利益的冲突。

水的管理框架的核心是将水视为经济商品和社会商品， 结合分散管理和传送结构，更多依赖利益相关方的定价和更充分地参与（世界银行，1993）。在接下来的章节（1.4）将更详细地讨论所有这些原则和问题。

水的管理框架将起到什么样的作用？

1） 提供一个用来分析政策和方案的框架，这些政策和方案将对有关水资源管理决策进行指导，包括：

- 缺水;
- 服务效率;
- 水分配;
- 环境保护。

2） 便于考虑流域生态系统和社会经济活动之际的关系。

分析时应考虑社会、环境和经济目标;评价每个流域的水资源状况;评估预测需求的水平和组成。应特别注意所有利益相关者的意见，这可通过开展系列促进参与的活动来实现。1.4 节详细说明了都柏林原则中的原则 2，都伯林原则着重指出了在实现参与过程中的效益和挑战。专栏 1.4 还指明如何利用协商机制、提高认识和教育等措施来实施参与。

利益相关者的参与主要涉及四个步骤：

1. 从受到水管理变化影响或潜在影响的大量群体和个人中识别关键利益相关方；
2. 评估利益相关者的利益和水资源综合管理规划对这些利益的潜在影响;
3. 评估所识别的利益相关方的影响和重要性；
4. 概括利益相关方参与的策略（在不同计划准备阶段所涉及的利益相关方的规划）。

流域层次上的的分析结果将成为国家水资源管理战略的一部分。分析框架将是制定规章、激励、公共投资计划、环境管理等方面的公众政策的基础。要求配备一个支持性的法律框架、足够的监管能力，以及一个水费制度，以便赋予水实体单位一定的经营自主权和财政自主权，从而实现高效和可持续的服务。

1.4 水管理原则

15 年前（1992 年在爱尔兰都柏林召开的关于水和环境的国际会议上），提出了四项水的原则，现已成为后续水部门改革的基础。

原则 1：淡水是一种有限的和脆弱的资源，是维持生命、发展和环境必不可少的。

这一原则强调水是维持生命的关键。然而，淡水是一种有限的资源，因为水循环在一定时期通常会产生固定的水量，很难通过人类的活动来明显调整水资源的数量。此外，作为一种资源，水自身又是一个矛盾体，它即是发展必不可少的，又容易受到发展的影响。水资源的有效管理：旨在确保在一定时期内提供和维持水需求 - 需要从整体上考虑，将社会和经济发展同自然生态系统的保护结合在一起。有效的管理并不要求用地和用水分家，而是要使二者在整个流域融合成一个整体。

水资源综合管理方法则要求一系列的、有一定水需求、决定用地和产生水废物的

人类活动之间能很好地协调。原则 1 也承认将水域或流域视为水资源管理的逻辑单元。

原则 2： 水资源开发和管理应基于一种参与式的途径，涉及用户、各级规划者和决策者。

只要涉及到水的问题，每个人都是利益相关方。因此，水资源开发和管理应是基于一种参与式的**途径**，借鉴民主化决策原则，重视包括各级用户、规划者和决策者在内的众多利益相关方的参与。

只有当利益相关方参与了决策过程，才是真正地参与。地方社区走到一起进行供水、用水管理和用水的选择时，就表明利益相关方真正参与了。如果进行民主选举，或其他负责机构或发言人能代表利益相关方群体，则也是真正参与；但是，即使在这种情况下，获得信息、协商过程和参与的机会也应该存在。

参与的好处：

- 参与强调以最可行的方式参与决策（辅助原则），在水项目工程的规划和实施中与公众全面协商、由用户投入。 这将形成在规模设计、运作和维修方面更成功的项目。
- 参与也有助于确保环境资源得到保护，文化价值和人权得到尊重。
- 参与可帮助协调利益、增加透明度和决策中的问责制。
- 更多地参与还可以提供收回成本，这对水资源综合管理的创收和融资来说是十分关键的。

专栏1.4：参与比协商更重要

参与要求社会各级利益相关方能影响不同级别的水管理的决策。从问卷调查到利益相关方的会议，如果利益相关方被受雇的目的仅仅是使现有决策合法化，那么协商机制将不容许真正的参与，以便化解政治对立，或者延迟实施那些将会侵犯一个强大利益集团利益的措施。

参与永远不会达成共识。仲裁程序或其他解决冲突的机制也必须到位。

需要创建参与能力，特别是妇女和其他边缘化的社会群体。这可能不仅涉及提高认识、建立信任和教育，而且还需提供必需的经济资源以促进参与和建立很好的、透明的信息来源。必须承认，简单地创造参与机会对目前弱势群体而言没有任何用处，因此必须增强他们的参与能力。

来源: Cap-Net，2005b

专栏1.5：有效参与的决定因素、条件和调整

如前所述，只有利益相关方实际参与了决策过程，这才是真正的参与。然而，绝大多数国家还存在与参与相关的决定因素、条件和挑战

参与类型的决定因素以及有效参与的条件

- 与特定水管理和投资决策有关的空间尺度（流域或村庄供水系统）；
- 进行决策的政治环境的特点。

参与方式面临的挑战

参与并不总是达成共识，因为以下挑战揭示：

- 有时，仲裁过程和其他解决冲突的机制是必要的。
- 有时需要政府干预，以创造一个对边缘化的社会群体有利的环境，例如生活在贫困中的人、土著人、老年人和妇女。
- 仅仅提供参与机会还不足以实现参与方法的所有优势。弱势群体也必须有能力参与；因此，能力建设是必不可少的。

来源: Cap-Net，2005b

在你的国家，是否所有利益相关方都参与了水供应、管理和投资决策?

原理3：妇女在水供应、管理和保护方面起到中心作用

众所周知，许多国家的妇女在收集、保护生活用水、农业用水方面起到关键作用。但是，妇女在关键领域如水资源管理、问题分析、决策过程中很少得到帮助。通常，社会和文化传统致使妇女在水资源管理方面的作用被忽视。

有证据表明，水管理者必须考虑水资源综合管理方面性别主流的迫切要求，以实现可持续用水的目标。Cap-Net、性别与水联盟为水管理者开发了一种名为“性别为什么重要”的指南。本章节涉及到指南中的某些部分，但是建议手册用户查阅指南，以便更详尽的了解性别平衡在水资源综合管理中的重要性。

性别和水资源综合管理之间的基本联系

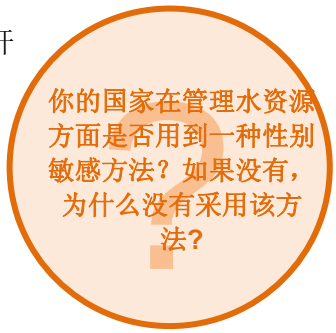
性别和水资源综合管理之间有三个基本联系：

1) 性别和环境可持续**联系：**
   - 女人和男人以不同的方式对环境的可持续影响的比例不同，因为他们有不同的获取途径、控制方式和利益所在。
   - 洪水和干旱事件使妇女不堪重负，因为他们缺乏应对灾难的方法。

2) 性别和经济效益**联系**
   - 在许多国家，妇女需对饮用水付费，但流动和付款受到限制。允许用户分多次支付较少的金额，这样更能负担得起水的费用。
   - 技术选择影响支付能力。同男性和女性用户磋商则可形成更容易被接受、可持续的服务（供水）。
   - 穷人和女性农民由于无法获得资金，难以发展更繁荣的和节水的农业企业，这限制了他们参与农业和维持生计的活动（农业）。

3) 性别和社会公平**联系**

- 社会上的实力派，通常以男性为主，能更系统地开发资源，并能引导环境的工业转型；因此，他们的潜在破坏力是很高的（环境）。
- 当水不是通过管道系统供应时，取水的负担则落在妇女和儿童身上，他们必须为此花费大量时间和精力（供水）。
- 生产活动中，妇女很少有平等的获取水的权利，并且在水短缺时，是首先受到影响的人群（农业）。
- 由于妇女和儿童在取水、洗衣和其他生活活动中的作用，他们是最易感染水传播疾病的。



原理 4：水在所有竞争使用中具有经济价值，应被当作经济商品和社会商品。

过去水资源综合管理的失败是由于忽视了水的全部价值。如果对水的价值的误解仍未消除，那么就不能从水资源获得最大利益。

价值VS收费

价值和收费是两个不同的概念。当水作为一种稀缺资源，通过管制或经济的方式进行合理分配的时候，选择使用水的价值显得非常重要。而采用经济手段，进行水收费可实现以下多个目标：

- 支持弱势群体；
- 影响节水和高效用水的行为
- 激励需求管理；
- 确保成本回收；
- 表明客户希望对水服务支付额外的投资；

水在什么情况下可作为一种经济商品？

在水资源匮乏的环境中，将水视为一种经济商品对于存在竞争的水部门之间水分配的合理决策是必要的。在水资源综合管理中，水其他用途的经济价值可帮助决策者优化投资。在水资源充足的国家，很少将水看做是经济商品，因为他们对水量供应额度的需要不如水资源匮乏国家那样迫切。

水为什么是一种社会商品？

尽管水是一种经济商品，它还是一种社会商品。将水分配看做是一种实现社会平等、贫困消除、保健目标的方式是很重要的。在水资源充足的国家，更趋向于将水看做是一种实现平等、贫困消除和健康目标的社会商品。环境安全和保护也需要将水看做一种社会商品。水的审美和宗教功能通常被忽视，或至少在水管理过程中没有被充分考虑。

关于什么情况下将水看做一种经济商品和社会商品的详细情况可参考第 2 章。

概念应用

在现实世界中，如果水匮乏，是否应该将水供应给钢厂，因为生产商相比成千上

万的穷人（难以获取安全用水）来说有能力出更高的价格为水付费？你能否在你的国家发现任何基本相似的案例？如何应对此类情况？

1.5 水资源综合管理对于适应气候变化的重要意义

水是受到气候变化影响的第一个领域。气候变化导致水循环的加剧，随后也对极端事件的频率和强度产生严重影响。海平面上升、蒸发量增加、难以预料的降水和持续干旱，这些仅仅是气候变化直接对水供应和水质的影响的一些表现。

通过以最适当的方式进行资源管理、组织参与管理实践和政策开发，并保证考虑到最脆弱的群体，水资源综合管理手段直接帮助各地区应对气候变化。 2001 年联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）承认水资源综合管理可作为一种调和不同的、变化的水用途和需求的手段，相比传统的水资源管理方式，它似乎具有更大的灵活性和适应能力。在减少贫穷人口的脆弱性的背景下、在维持可持续生计、支撑可持续发展过程中，考虑气候变化是至关重要的。 IPCC 的报告提出了关于适应性、脆弱性和能力提高方面的建议。主要的建议是，减少国家或社区对气候变化的脆弱性就要求提高能力，以适应其影响。提高社区的适应能力的工作内容可能更广泛，对减少脆弱性方面具有更持久的效果。按照地方的需要，提供适应性帮助则需要采取以下行动：

- 处理地方真实的脆弱性；
- 涉及实际的利益相关方
- 同地方决策过程相联系

1.6 水资源综合管理如何能帮助应对气候变化？

正如本章开头所证实的，水资源综合管理提供各种应对取水、保护生态系统的完整性的工具和手段，由此为后代保护水质。这样，水资源综合管理能帮助社区适应变化的、限制水利用或导致过多洪水干旱的气候条件。

关键的水资源管理功能包括：

- 水分配
- 污染控制
- 监测
- 财务管理
- 洪水和干旱管理
- 信息管理
- 流域规划
- 利益相关方参与

这些功能对资源综合管理来说是有益的，可帮助应对气候变化。例如：

- 在监测水量和水质中，管理能预先积极采取适应活动；
- 洪水干旱管理作为流域管理的关键功能，允许在极端事件中采取直接干预措施；
- 在流域规划中，可引入风险管理和适应措施；
- 应以最有效地方式分配水，以便以灵活的方式应对气候 。

总之，水资源综合管理更容易应对供水变化。在流域规划过程中，风险能被更好地识别和减缓。在需要采取行动时，利益相关方的参与可帮助动员社区，采取行动。面对当前变化的水条件，可激励水用户以可持续的方式用水。

1.7 实施水资源综合管理

尽管对水资源综合管理的总体认识、水匮乏背景下其重要意义、主要原则的确认、越来越认可混合采用经济和融资手段的需要等方面已经取得很大进展，水资源综合管理的实施仍是一个挑战性的过程。

在实施水资源综合管理过程中，存在几个障碍，如根深蒂固的部门利益、专业不安全和社会文化迷思等。这些挑战是难以对付的。为了实施水资源综合管理，克服这些障碍就要求就各种差异、跨部门合作和机构改革进行磋商（包括政策和立法改革）。

各部门专业工作的冲突、以及专业群体在采用水开发和管理的备用方法中的脆弱性，均要求有双赢方案的谈判技巧，为不同利益相关方提供平台，以便在实施水资源综合管理时进行通力合作。这些过程需要时间和耐心。

在其他改革中，只有经过共同努力、并在管理中兼顾各水用户不同的利益，才能成功实施水资源综合管理。应建立不同级别的合作和信息交流的机制和方法，以实现跨部门合作。过去的非正式尝试已经失败，应该制定一套能确保各级义务的正式机制。在实施过程考虑如何处理因管理模式的转变而产生的不确定性。（见第五章）。

现有的制度和立法框架没有完全满足实施水资源综合管理所需的要求和条件。实施水资源综合管理将要求进行水规划与管理改革。尽管急需改革，但只能逐步地进行——有些改革必须立即进行，有些则需几年的时间进行规划和能力建设，这将涉及到创造有利环境，建立可持续水资源综合管理的体制框架和管理工具。

专栏 1.6：是否存在水危机，我们达到的目标吗？

水 - 进度滞后：MDG7 的目标是到 2015 年把无法可持续获得安全饮用水的人口比例减少一半（联合国，2006）。全球能享用安全用水的人口比例不断增加，2004 达到 83%（1990 年则为 78%）。然而，根据目前的趋势，非洲撒哈拉以南地区将无法达到预期目标。这是由于各种因素造成的，如人口增长率高、政府支出低（特别是操作和维护支出）、冲突和政治不稳定。在非洲撒哈拉以南地区农村和城市地区之间仍然存在较大差距，那里能获取安全用水的城市居民人口是农村的两倍。

卫生 - 进度滞后：1990 年到 2004 年期间，1.2 亿人获得卫生设施。但是，为了实现 2015 年卫生目标，160 多万人需要获得改善的卫生设施。非洲撒哈拉以南地区和南亚的问题最严重。

主要信息

- 非洲撒哈拉以南地区仍然是最受关注的区域。在 1990-2004 年期间，无法获得安全饮用水的人口增长了 23%，而无法获得卫生设施的人口增长了超过 30%。
- 不同地区之间有巨大的差距：非洲撒哈拉以南地区，通过家庭连接获取饮用水的人口只有 16%，而在东亚（70%）、北非（76%）和西亚（81%）则高很多。

来源: DFID，2006

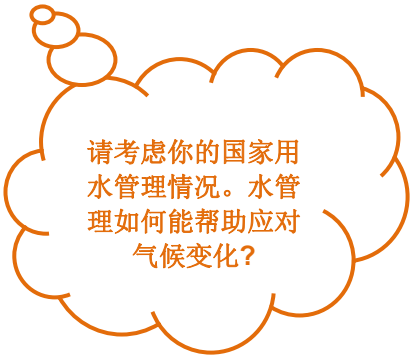
小结

最近，水资源综合管理得到国际社会和地方上的普遍认可，作为一种管理制度，不仅仅为今天，也为子孙后代确保充足优质的水资源。水资源综合管理的四项原理包括：

淡水是有限的脆弱的资源。

- 水开发和管理应基于参与式方法。
- 妇女起到中心作用。
- 水具有经济和社会价值。

由于水在气候条件变化过程中首先受到影响，水资源综合管理在应对气候变化问题上起到重要作用。水资源综合管理框架内的关键水资源管理功可以能帮助机构和社区应对气候变化。



推荐阅读

Cap-Net （2005）水资源综合管理基本原则指南

全球水伙伴（2000）技术咨询委员会4号背景文件—流域综合管理，瑞典斯德哥尔摩

WHO，UNICEF，WSSCC (2000) 全球供水和卫生评估2000报告. 世界卫生组织和联合国儿童基金会
http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/globalassess/en

WHO-UNICEF (2006) 满足千年发展目标饮用水和卫生目标。十年内城市和农村面临的挑战

联合国（2009）变化世界中的水
http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf

2. 气候变化驱动因子和影响

目标

本单元的目的是使参与者熟悉气候变化的驱动因子、物理科学基础，并帮助他们了解气候变化对水循环、水利用和生态系统功能的影响。

2.1 了解气候变化的驱动力和物理科学基础

IPCC 于 2007 年发布了第 4 次评估报告，所以不存在全球气候变化的科学证据不足的问题。从观测的全球平均气温、海温、冰雪和全球平均海平面等上升可看出大气层变暖。至于自 20 世纪中期以来全球平均气温上升的归因，该评估报告认为这"很可能是由于人为温室气体浓度增加"造成的（IPCC，2007 年 a：10）。

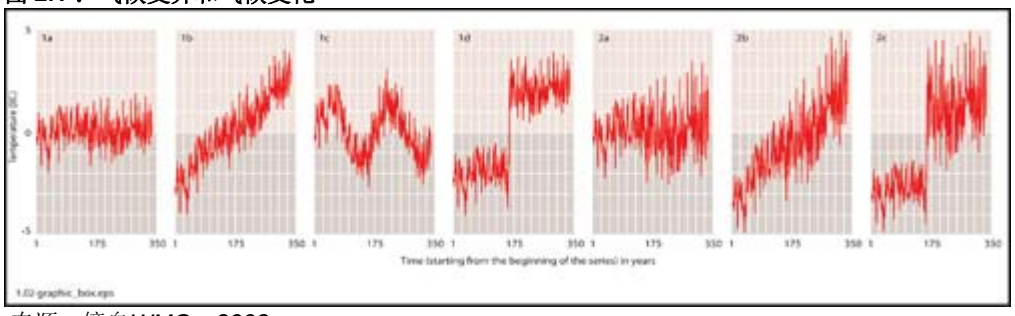
毫无疑问，气候变化将对水和其它敏感领域产生影响。因此，必须详细了解气候变化的基本情况，在考虑此类变化影响之前，搞清楚如何检测气候变化。

2.1.1 气候变异和气候变化

全球气候系统由大气层、水圈（液态水）、冰冻圈（冰和雪）、岩石圈（土壤和岩石）和生物圈（植物、动物，包括人类）组成。一个特定地方的气候取决于在太阳照射、地球自转、绕太阳公转的影响下这些组成之间复杂的非线性相互作用。

气候通常根据一段时期（几年到几百万年）变量（如温度和降雨量）的统计来描述（方法和变异）。世界气象组织（WMO）建议将 30 年的时间作为求取这些变量平均值的最小时期，以确定变异(WMO，2003)。

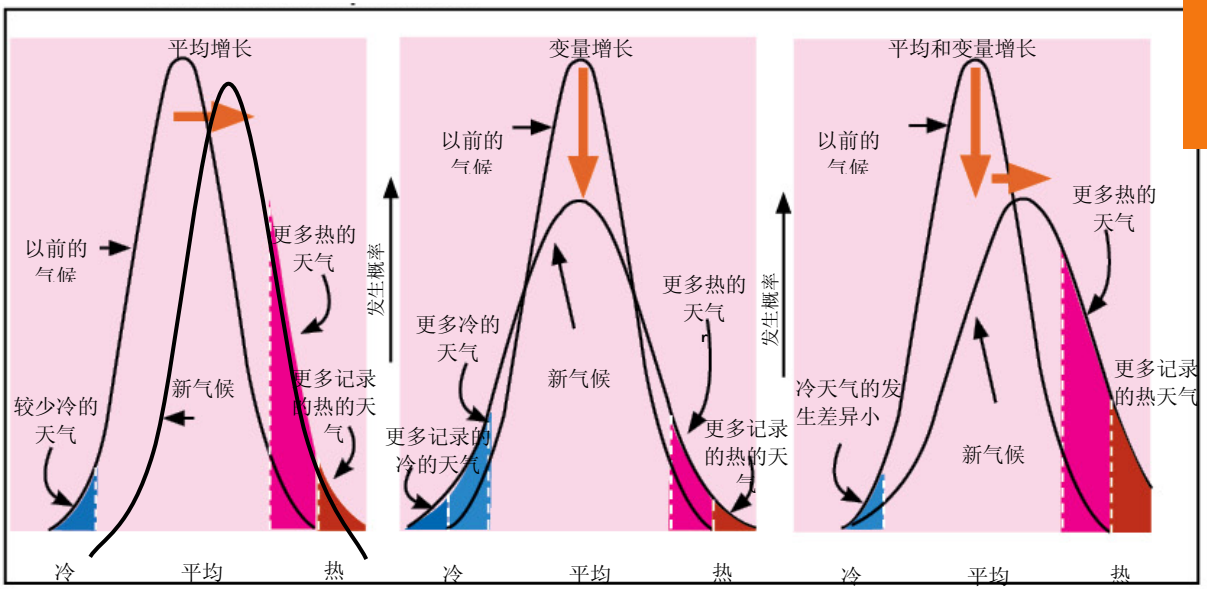
图 2.1 ：气候变异和气候变化



来源：摘自 WMO，2003

图 2.1 列出了气候变异和气候变化下温度和时间序列。图 1a 则给出了气候变异的范例，观测的气温围绕均值波动。范例 1b-1d 则显示了均值和方差变化的结合。范例 2a 表明方差增大，而平均值没变。范例 2b 和 2c 显示了方差和均值均有所增加的气候变化。

图 2.2 ：气候变异和气候变化---温度概率分布的形式进行图解



来源：摘自 WMO，2003

值得强调的是，单个气候事件不能归因于气候变化，因此此类事件的记录还不足以对未来事件的严重程度进行定性。图 2.2 表明，通过简单的统计，可推理出在不同的结合组合中增加的方差和均值如何影响温度极限。

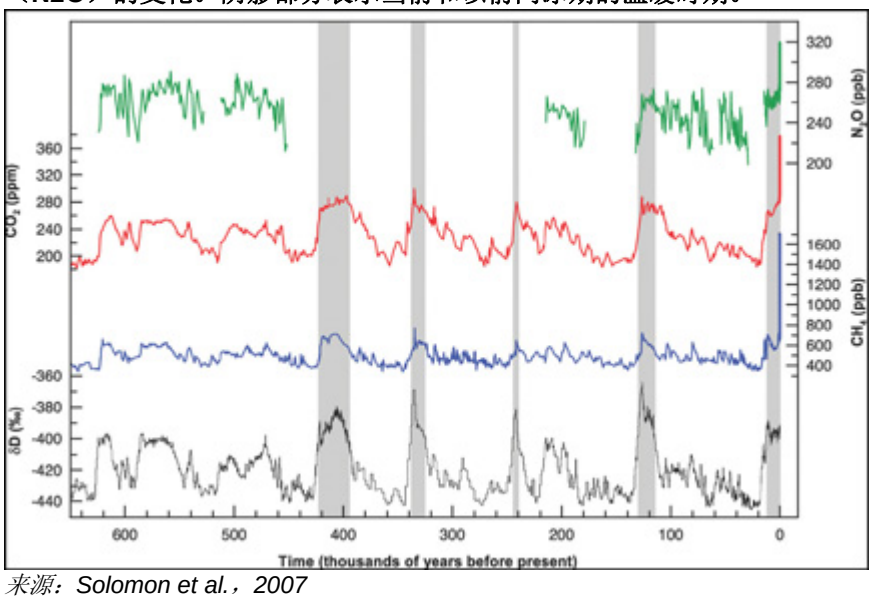
气候变化是指能在一定的气候期内（一般为几十年或者更长）通过气候序列的均值或方差变化来识别（例如，使用统计方法）的气候的变化。气候变化可归咎于自然内部过程或外部强迫，或归咎于持续的人为变化改变了大气组成或土地利用。注意气候变化框架公约（UNFCCC）第 1 条将气候变化定义为：'气候变化是是在一定时期内观测的人类活动直接或间接地造成的，它改变了全球大气组成'。UNFCCC 由此认为，人类活动造成的气候变化改变了大气组成，而自然原因则造成了气候变异(IPCC，2007b: 943)。

2.1.2 温室气体浓度、辐射强迫、预测温度变化

水蒸气(H2O)、二氧化碳 (CO2)、 甲烷 (CH4)、二氧化氮(N2O)和氯氟化碳 (CFCs)是大气层内主要的温室气体；还有一些其他气体，不过含量比较小。地球表面发出的辐射。该辐射是由温室气体分子吸收，并重新向各个方向发出，导致地球表面变暖。大气中的任何温室气体含量的变化将通过改变气候变量（如温度）而引发全球气候变化。

根据近期大气测量， 图 2.3 列出氘（δD）南极冰在过去 65 万年的时间内的变化，大气层中温室气体如二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）和被困在冰核内的氧化亚氮（N_2O）的浓度。自然和人为的因素是造成大气层中温室气体含量变化的主因。自然温室效应可由大气层中二氧化碳和甲烷浓度变化引起，这些变化同冰川期和间冰期之间的过渡（图 2.3 中的阴影）、植被、岩石风化等有关。

图 2.3：南极冰中 氘（δD）、二氧化碳（CO2）、甲烷（CH4）和被困在冰核内的氧化亚氮（N2O）的变化。阴影部分表示当前和以前间冰期的温暖时期。



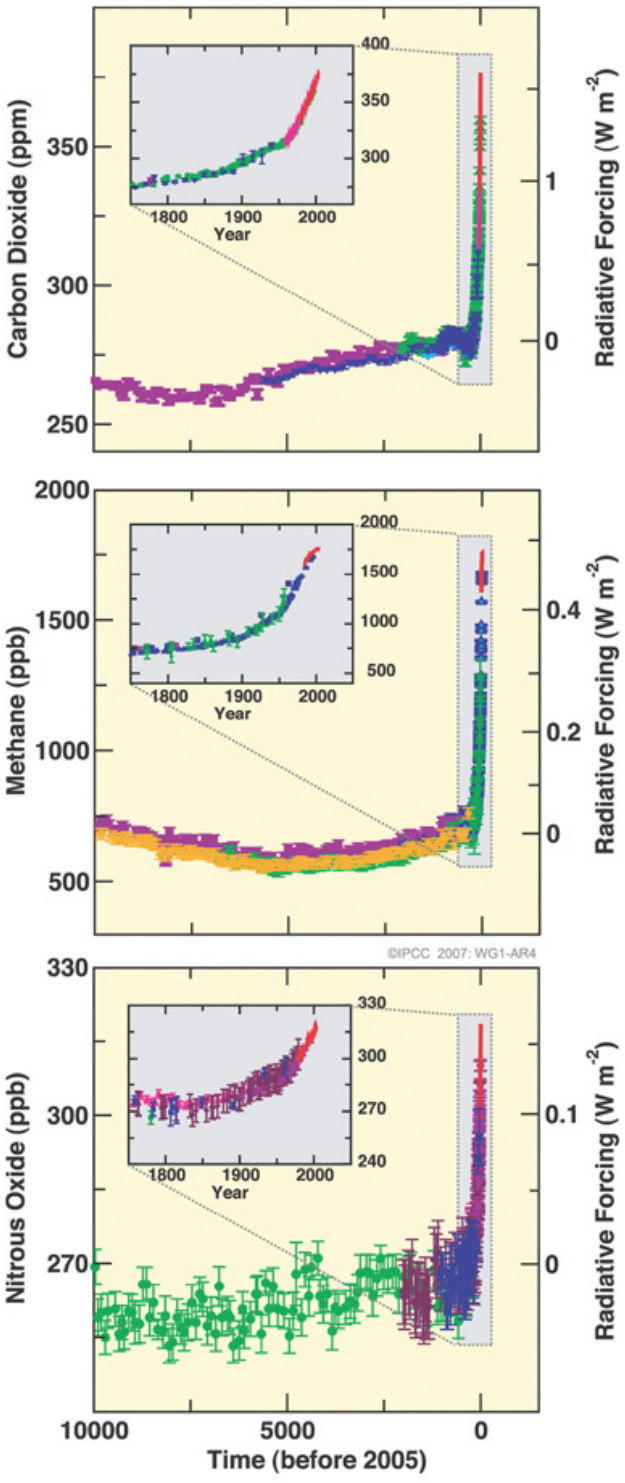
来源：Solomon et al.，2007

18 世纪以来，人为因素增加了二氧化碳和其他温室气体排放量，包括矿物燃料燃烧、开垦和工业加工。在过去 250 年间，大气中的二氧化碳浓度已从 270 ppm 上升至 370 ppm（图 2.3），主要是由于燃烧矿物燃料。这超过了过去 65 万年的自然变化（180–300 ppm）（詹森等人 2007）。在 1995 至 2005 年间，二氧化碳浓度每年平均增长率为 1.9 ppm y-1，明显高于自 1960 年来 40 年的平均水平(1.4 ppm y-1)，当时已经开始连续记录大气测量情况（福斯特等，2007）。

辐射强迫

传入的太阳辐射和传出的地面辐射之间保持平衡。任何改变地球大气系统的能量平衡的过程被称为辐射强迫。一些可能引发辐射强迫的主要原因包括地球轨道、太阳辐射、火山活动和大气成分的变化（福斯特等人，2007）。图 2.4 描述了过去 10000 年间（较大画面）以及自 1750 年以来（嵌入画面）大气中二氧化碳、甲烷和氧化亚氮浓度引起的辐射强迫。同时还显示出从冰芯（不同颜色的符号代表不同的研究）和大气样品（红色线）中测量的温室气体浓度的变化。

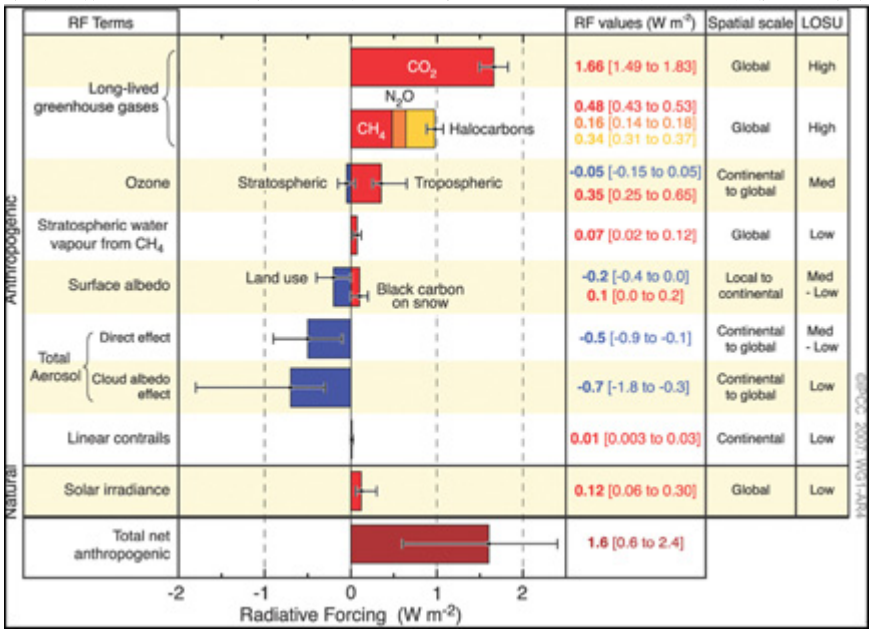
图 2.4：过去 10,000 年（大屏）、以及自 1750 年（嵌入屏）以来大气中二氧化碳、甲烷和一氧化二氮浓度



你如何区分气候变异和气候变化？

在图 2.5 中，第四次评估报告给出了 2005 年全球平均辐射强迫的估计和范围、强迫的典型区域范围（空间尺度）以及所评估的科学理解水平（LOSU）（IPCC，2007a）。还给出了净辐射强迫及其范围。这需要对各成分的不对称性和不确定性评估进行归纳总结，而不能通过简单相加得出。本文未提到的额外的强迫因子被认为具有非常低的 LOSU。火山气溶胶有助于形成额外的自然强迫，但由于其偶发性，所以没有包括在成本计算内。

图 2.5：2005 年人为二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）、氧化亚氮（N_2O）及其他重要媒介和机制的全球平均辐射强迫（RF）的估计和范围，以及典型的强迫地域范围（空间尺度）和所估计的科学了解水平

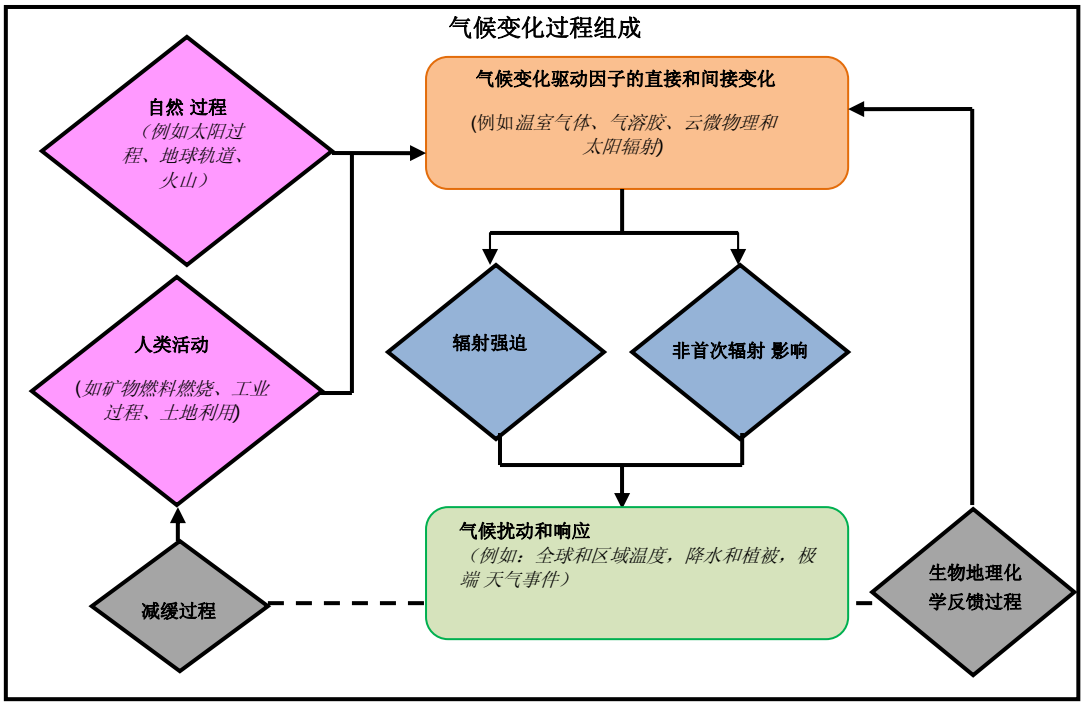


来源：IPCC，2007a

辐射强迫的原因是什么？每年何种气体是辐射强迫的主要组成？

图 2.6 介绍了通过改变行星能量平衡迫使气候进行变化的'气候强迫'机制。还说明了辐射强迫同气候变化其它方面之间的联系。人类活动和自然过程导致气候变化的驱动因子发生直接和间接的变化。辐射强迫和非初始辐射效应导致了气候扰动和响应。气候变化也可能是由于自然的和人为的因素。生物地球化学过程之间的耦合使气候变化反馈到其驱动因子上。这方面的一个例子是温暖的气候条件下湿地排放的甲烷发生变化（见专栏 5.1）。通过改变人类活动（虚线）来减缓气候变化的潜在的方法是 IPCC 工作组要讨论的主题。

图 2.6：由 IPCC 负责评估的 如何将 RF 链接到气候变化的其他方面示意图



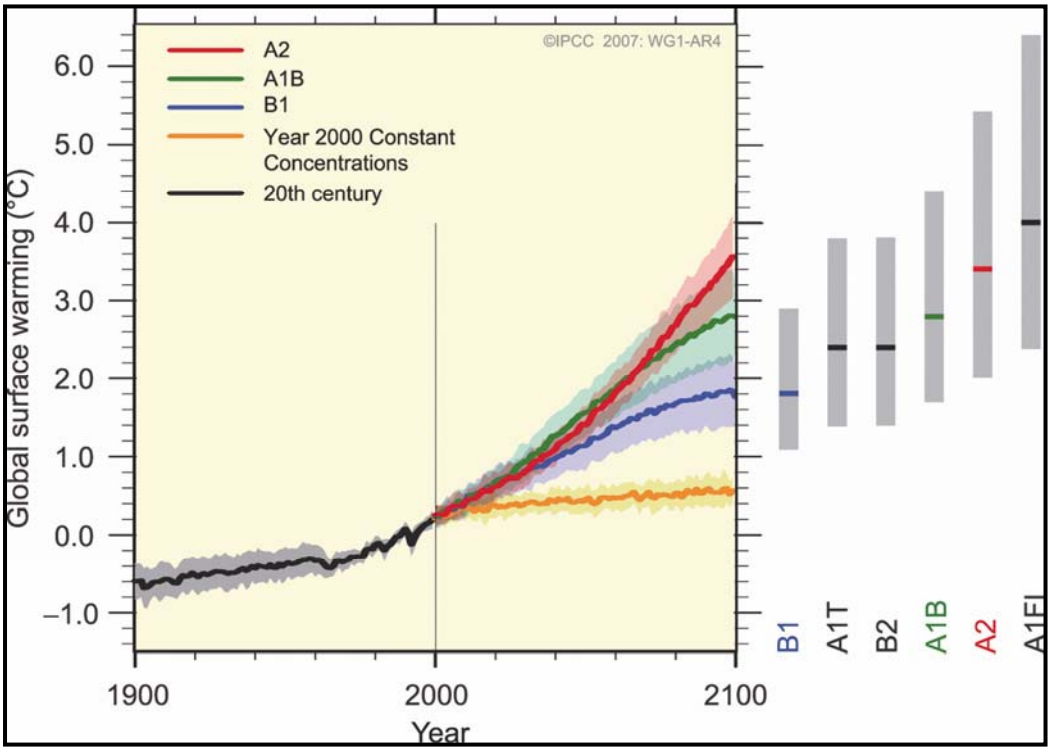
来源：Forster，2007

观测和预测的温度变化

人为气候变化具体表现在地球表面平均温度的升高，结果大气层温室气体浓度升高，并吸收、反射地面的长波辐射，阻止其离开地球的大气层。

通过查验长期的全球平均气温记录，科学家已经普遍认可这样的事实：在 20 世纪全球平均气温上升了 0.6˚C，如图 2.7 所示。需要注意的是，这一变化在全球范围内不是同质的，也不是线性的。记录还显示，140 年前自科学温度观测开始以来所记录的最热的一年（至 2006 年）发生在 1998 年，地表温度比 1961-1990 年平均气温高出 0.55˚。按记录，第二，第三，第四和第五个最暖的年份分别是 2002 年、2001 年、2004 年和 1995 年。 在过去的 12 年（1995-2006 年）中，有 11 个年份被列入到自 1850 年以来仪器记录的全球表面温度的 12 个最暖的年份中。

图 2.7: 实线是在情景 A2，A1B 和 B1 条件下表面变暖的多模式全球平均值（相对于 1980-1999 年）， 作为 20 世纪模拟的延续



来源：IPPC，2007a

图 2.7 给出了排放情景下预测的气温变化（见图 2.8）。实线表示多模式全球地表增温的均值（相对于 1980-1999 年），作为 20 世纪模拟的延续。阴影是指个别模型的年平均值的±1 标准偏差范围。橙色的线表示在温室气体浓度保持 2000 年水平不变条件下进行的试验。在右边的灰色条表示六个关于温室气体排放情景的专门报告给出的最佳估计值（每个条内的实线）和可能估计范围（评估情景，见 2.1.4 节）。

2.1.3 校准的信心和不确定性

IPCC 已修订了相关方法，以便在评估过程中形成专家判断、不确定性评估、对确信和不确定结果的交流等（曼宁等，2004）。在此建议使用可以尽量减少误解和混淆的语言，以避免不确定性。然而，措辞如'几乎可以肯定的'或'可能'可以有效地帮助读

者阅读，但不同的人可能有不同的解释，除非能提供校准的尺度。因此，可用三种语言形式来描述不同方面的信任和不确定性，并在第四次评估报告中保持一致性（见专栏 2.1）。

专栏2.1：交流的自信和不确定性

定性定义了解的程度

赞成的程度	高度赞成 证据有限	.....	高度赞成 证据很多
	.....	.....	.....
	赞成的不多 证据有限	.....	赞成的不多 证据很多
	证据数量（理论、观测和模型）		

定量校准信息程度

措辞	被纠正的自信度
非常高的自信	10 次中约有 9 次机会
高度自信	10 次中约有 8 次机会
中等自信	10 次中约有 5 次机会
较低自信	10 次中约有 2 次机会
非常低的自信	10 次中 1 次以下的机会

可能的规模

措辞	发生/产出的可能性
几乎可以肯定	发生概率> 99%
非常可能	概率> 90%
可能	概率> 66%概率
很可能	概率介于 33- 66%
不可能	概率< 33%
非常不可能	概率< 10%
不可能，除非特例	概率< 1%

来源: Manning et al.，2004

2.1.4 排放情景

1992 年，IPPC 发布了一套 6 种全球排放情景，被人们称为 IS92 情景。这些都是基于在对未来人口和经济增长假设的条件下可能排放的温室气体。该 IS92a 情景（也被称为基准情景），在 2000 年由 IPCC 进行了更新，并通过 SRES 出版（IPCC，2000 年）之前，是科学家最广泛使用的情景。

你是否意识到气候变化的迹象？你如何确信这是由气候变化所致？

SRES 情景的制定方式同以往的情景存在根本的不同，每次预测都有不同的范围，即所谓的'主线'。四条主线已经确定，分别为 A1，A2，B1 和 B2。这些描述了在未来几十年，世界人口、土地利用变化、新技术、能源资源、经济和政治结构

可能演变的方式（Anandhi，2007 年）。可用两个层次来表示这些世界未来的影响：一是指经济或环境问题，另一则是全球和地区发展模式（图 2.8）。对于主线 A1，制订了若干排放情景，但整个“情景家族”仅限于四个。主线 A1 有三个标记情景，即情景 A1B、A1F1 和 A1T，而其他三个情景则只能有一个。

图 2.8：2001 年 IPCC 在第三次评估报告中考虑的情景

来源: IPCC，2001

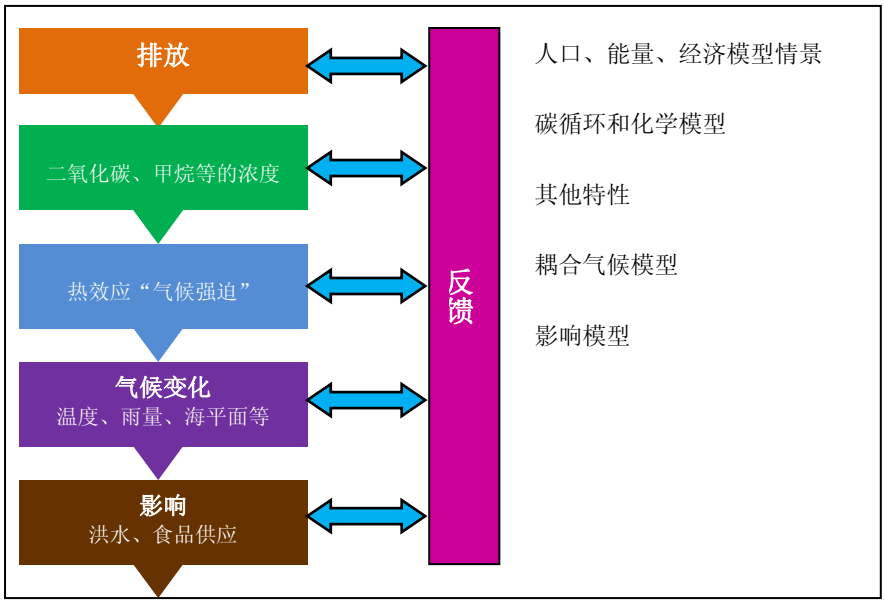
排放情景A1：该排放情景标明了全球化增长迅速、全球财富的增加、地区之间的衔接、减少地区人均收入的差异。它还假定唯物主义者用户至上主义、快速的技术变化和低人口增长率。在该情景中，能量来源有三个变量，即所有来源之间的平衡（情景A1B），矿物密集（情景A1F1），非矿物燃料（情景A1T）。

排放情景A2：在该排放情景中，描述了一个多相市场引导的世界，人口快速增长，而经济增速不如A1。基本主题是自力更生和地方身份的保护。

排放情景B1：该排放情景假定了一个非物质化的世界，介绍了清洁技术。其重点是实现经济、社会和环境可持续发展的全球解决方案。

排放情景B2：在该排放情景中，人口增长速率比A2 的更低，但高于A1，实现环境、经济和社会可持续发展，以本地为主导。

图 2.9： 从温室气体排放到气候变化影响



来源: Saunby，2007

我们必须记住，这些排放情景是基于对可能/不可能实现的未来驱动力（如人口、社会经济和技术发展）的假设的基础上的。如图 2.9 所示，这些排放情景转化为浓度情景，并最后用于气候模型，以便计算气候预测。从排放到适应水平，每一步都涉及到不确定性，在每个成功的阶段，都涉及到不确定性的增加。由于此类的不确定性，任何政府很难在适应措施上进行投资（见第五章）。

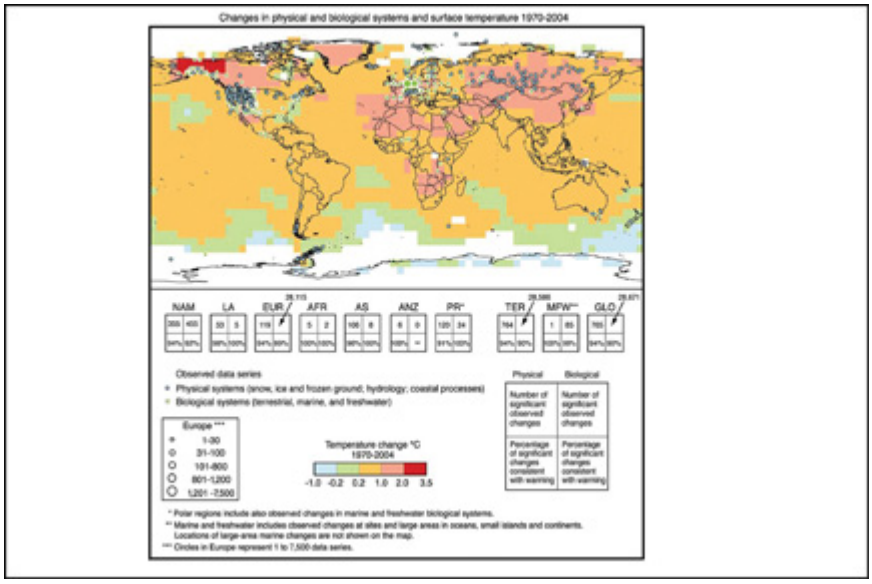
你认为何种 SRES 情景同你所在地区最具相关性，为什么？

2.2 对观测到的和预测的水循环影响的理解

2.2.1 所观测的水循环的变化和趋势

IPCC 第 4 次评估报告(Rosenzweig 等，2007) 给出了一个综合合成图（图 2.10），该该图显示了物理系统（雪，冰和冻土，水文和沿海过程）和生物系统（陆地、海洋和淡水生物系统）的数据序列明显变化的位置。另外，还显示了 1970-2004 年间地表气温变化。

图 2.10：物理系统和生物系统数据系列明显变化的位置、以及 1970-2004 年间地表气温变化



来源： ***Rosenzweig et al.，2007***

从 577 项研究的 80000 份数据系列中选取了近 29000 份组成数据子集。这些数据符合以下标准：（1）截至 1990 年或更晚;（2）跨越了至少 20 年的时间;（3）在任何个例研究评估方向上有明显变化的。这些数据系列取自约 75 项研究（其中 70 项是自第三次评估以来的新研究）。但是，应该指出的是，29,000 数据系列中约 28,000 个系列来自欧洲的研究。白区不包含足够的观测数据来估计温度趋势。

专栏 2x2 给出了存在明显变化（上排）的物理（左）和生物（右）数据系列的总数，以及以下各项同变暖相一致的百分比（下排）：（1）大陆地区：北美（NAM）、拉丁美洲（LA）、欧洲（EUR）、非洲（AS）、亚洲（AS）、澳大利亚和新西兰（ANZ）和极地地区（PR）（2）全球规模：地面（TER）、海洋与淡水（MFW）和全球（GLO）。7 个区域专栏的研究数量总计不超过全球总数，因为各地区（不包括极地）的数量不包括与与海洋和淡水系统相关的数量。大面积的海洋变化的位置没有在地图上显示出来。

许多研究报告给出了证据，以佐证所观测的降水和其他水文变量的变化和趋势。在 IPCC 第四次评估报告中对这些趋势进行了评估，现归纳如下。

冰冻圈

现有文件已经记载了与冰冻圈加速融化相关的系统和领域在冰川洪水、冰和岩石山区雪崩、积雪和冰川盆地、北极哺乳动物、南极半岛的动物、在北极基于冻土的基础设施、滑雪中心迁移到高海拔地区，在北极土著人生计的影响等方面的变化（高可信度）。各系统和领域的变化与大量的证据可用来评估在全球变暖的影响下，冰冻圈当前正在加速融化的情况，包括包括海冰、淡水冰、冰架、格陵兰冰盖、冰川、积雪和冻土（非常高的可信度）。

水文与水资源

最近的证据显示，气候暖干化导致干旱事件的增加，受此影响最大的是干旱和半

干旱区（高可信度）。在过去 20 年中，有文件记载，在温暖的季节，由于山区高强度暴雨引起山洪暴发和山体滑坡逐年增加（高可信度）。

沿海地区

当前海平面不断上升，海岸普遍受到侵蚀，湿地逐年缩小，但目前，这些大多是人为改造海岸线的后果（中等可信度）。在许多低洼沿海区域，上个世纪海平面不断上升加剧了现代风暴对固定结构的破坏，在一个世纪以前的破坏力度还没有这么大。

海洋和淡水生物系统

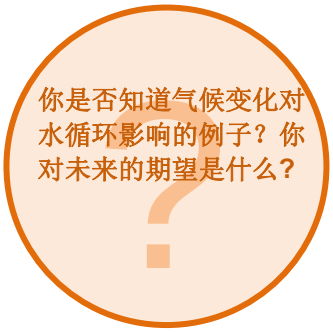
海洋和淡水系统的许多观测到的响应与水温升高相关（高可信度）。气候变化以及其它人类活动的影响已造成对珊瑚礁的实质损害（高可信度）。文件记载的北大西洋浮游生物向极地移动了 10 度，比任何记载的地面研究都大。观测表明，世界各地的湖泊和河流变暖，对热结构、湖泊化学、丰度和生产力、群落组成、物候、分布和迁移产生影响（高可信度）。

陆地生物系统

绝大多数关于全球变暖对陆地物种的影响的研究揭示了一致的变化模式（高可信度）。陆地生态系统对整个北半球气候变暖的响应---物候变化得到很好的文件记载，尤其是早春时节。在过去几十年，气候变化导致了人口减少、某些物种消失（中等可信度）、和野生动物、植物和向极地和向高海拔迁移（中等可信度）。在洄游鱼类身上可以找到一些适应的证据（中等可信度）。

农业和林业

在北美和欧洲，无霜生长季节延长，春夏季作物物候提前，这可能是由于近年来全球气候变暖（高可信度）。葡萄种植似乎是高度敏感的，据文件记载，葡萄质量的提高与气候变暖有关。按年代际尺度，萨赫勒地区降水的减少造成了作物产量较低（高可信度）。



2.2.2 预测未来气候变化对水循环的影响

预测气候变化可能会改变水循环，从而导致对水资源量和质量产生重大影响。降水，作为水文的主要组成部分，其强度和空间分布预测会发生变化。IPCC 第四次评估报告摘要介绍了对最重要的水资源产生的影响（帕里等人，2007）。在第 4 章将详细介绍地区差异。

降水变化

由于气温上升，预测全球平均降水量和蒸发量将增加（图 2.11）。随着气候变暖，蒸发量会增加，这是因为温暖的大气中可以容纳更多的水分，而较高的温度则提高了蒸发率。在全球平均降水量的增加并不意味着世界各地在所有季节都会变得更加湿润。事实上，所有气候模式模拟显示出降水变化的复杂模式，一些地区将获得的降水更少，而其他地区将获得的降水则更多。循环模式的变化对测定本地和区域性降水模式的变化是十分重要的。

图 2.11 给出了截至 21 世纪冬季和夏季气温、降水量的变化范围，分别为最近的

模型（15 - 红条）和预 AR3 模型（7 - 蓝条）。在情景 A2 排放情景下，世界上 32 个地区的耦合大气海洋环流模型（AOGCM）以变化率/世纪来表示。紫红色和绿色条显示出模型 30 年的自然变化。降水条块的数量显示出最近的 A2 运行给出的降水负/正变化。

降水频率和强度的变化

除了全球平均降水量的变化，由于全球变暖，预计区域和地方降水的特征可能出现更加明显的变化。一般来说，降水将趋于稀少，但强度更大，这意味着特大洪水和干旱的发生率更大。

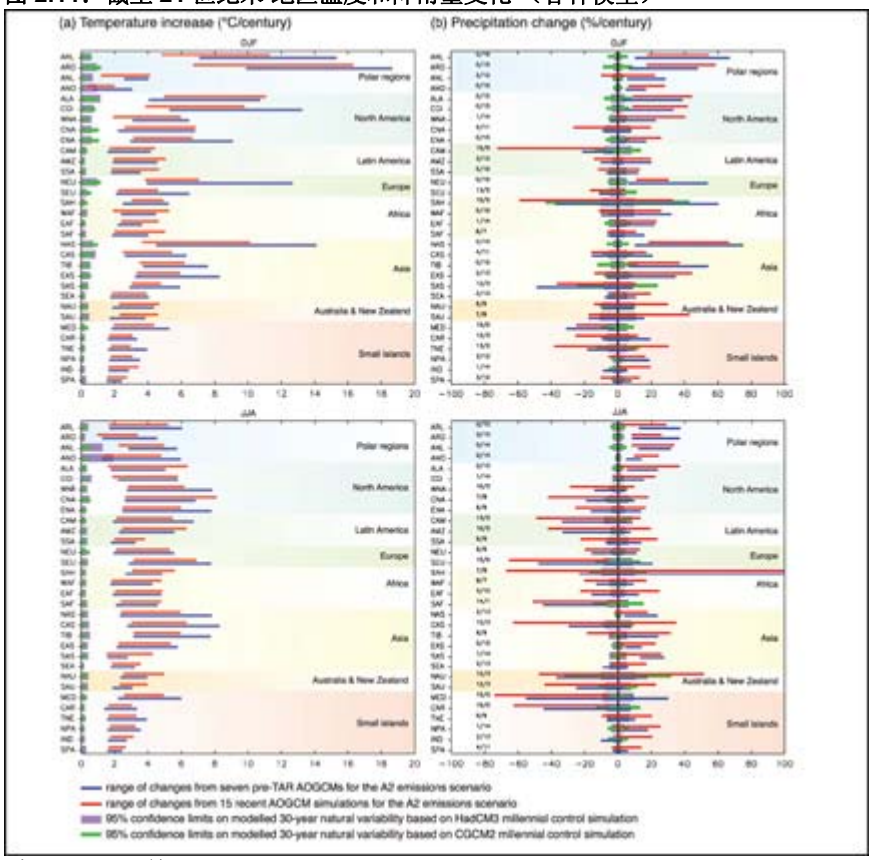
年均径流的变化

除其他变量因素外，径流的变化将取决于温度和降水的变化。多数水文模型研究发现，虽然全球平均降水量增加了，但是由于温度升高导致蒸散发加剧，许多区域的径流大幅减少。因此，全球降水增加的信息并不容易转化为可用地表水和地下水的增加。

海平面上升对沿海地区的影响

沿海地区海平面上升的主要影响包括：（1）低地淹没，湿地移位；（2）河流和海湾的潮差发生改变；（3）沉积模式的变化；（4）更严重的风暴潮引发的洪水；（五）加大了盐水进入河口和淡水含水层（6）受热带气旋影响的地区，增加的风力和雨量对该地区造成破坏。

图 2.11：截至 21 世纪末 地区温度和降雨量变化 （各种模型）



来源：Parry 等，2007

水质的变化

虽然 IPCC 没有找到水质与气候相关的证据（Kundzewicz 等，2007 年），但可以预测仍会存在一定的影响。因此，强度更大的降雨量一般导致径流增加，从而引起河流和湖泊内悬浮固体浓度（和浊度）增加。如果此径流是伴随有污染物（如化肥、农药、雨水泛滥），水质将恶化。另一方面，河流的高排泄量将减少可溶化学物质的浓度。水质将因此得到改善，但总污染负荷将不会改变。在干旱期间，水质可能恶化，这是因为相反的效果：减少对污染的稀释。河流流量的变化也会影响盐入侵河口的程度：在低流量期间，河流的盐浓度会进一步增加，并随海平面上升而加剧。这将对生产、饮用、灌溉和工业所需的水供应产生影响。

经观测，自 1960 年以来，湖泊和河流水温升高了，升高幅度达 2℃，（见罗森茨韦克等， 2007 年概述）。这导致了早期夏季分层和较浅的斜温层、地表水养分的消耗、较深水层养分浓度的增加（参见 4.2.2 节：坦噶尼喀湖）。此外，有害藻类大量繁殖似乎与日益上升的水温和增强的呼吸作用有关联，由此引起的温暖水域含氧量下降将加速氧气消耗，导致缺氧现象，从而对水产业和渔业产生影响。目前还没有证据显示气候变化对一个浅水湖泊的水位产生影响（罗森茨魏希等，2007）。但是，如果水位在长时间的干旱时期一直下降，将加剧底部材料的再次悬浮。这将减少水的透明度，并可能导致营养物释放（如磷酸盐），增强水体富营养化和/或底部沉积物释放有毒化合物。

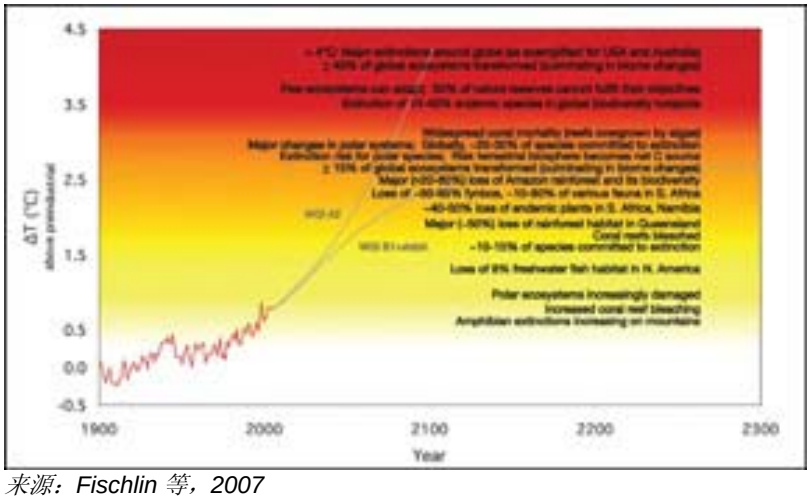
地下水的变化

在许多社区，地下水是灌溉用水、生活和工业用水的主要来源。一般来说，有两种类型的地下水资源 – 可再生的和不可再生的。可再生地下水直接与近地表水文过程有关，它与整个水循环都密切关联，可以直接受到气候变化的影响。在许多地方，由于水需求不断增长，可再生地下水含水层被过度开采，因为缺水的速度超过了补水的速度。因此，气候变化可直接影响补水速度、可再生地下水的可持续性。

气候变化对生态系统的影响

图 2.12 给出了关键气候变化对生态系统影响风险预测中的不同层次全球年平均温度变化（ΔT 场）；这些是相对于工业化前的气候的，被用作气候变化的代言。红色曲线表示 1900 至 2005 年间所观测的温度异常。两条灰色曲线表示全球平均温度变化未来发展的范例，由第一工作组进行实证-模拟的多模式平均响应：（i）情景 A2 辐射强迫情景及（ii）延长的情景 B1，其中 2100 年以后的辐射强迫保持在 2100 年值不变。白色阴影表示中立、较小的负面或正面影响或风险，黄色表示一些系统或低风险的负面影响；红线表示更广泛和/或幅度更大的负面影响或风险。上述的影响只考虑了气候变化作用，忽略了土地使用的变化或栖息地破碎化、过度捕捞或污染的影响（如氮沉积）。

图 2.12：因 关键气候变化对生态系统的影响所带来的风险

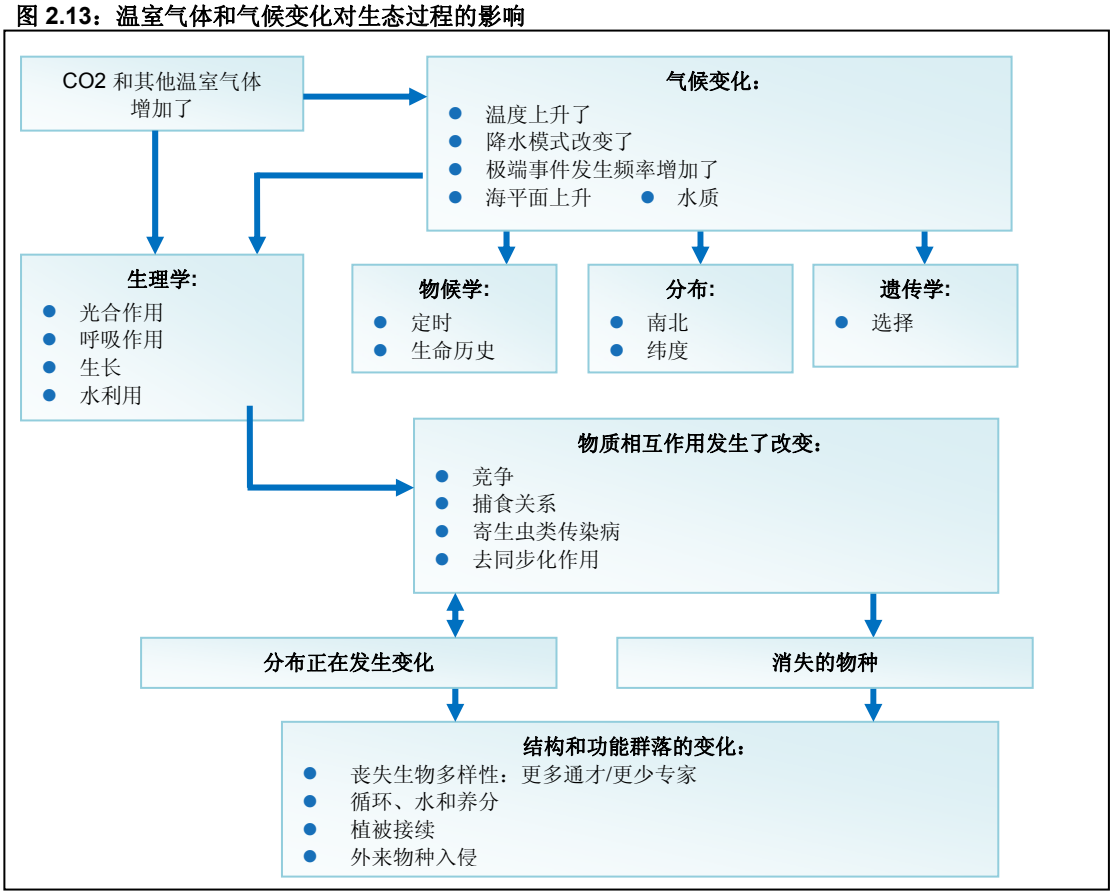


来源：Fischlin 等，2007

2.2.3 对生态过程的影响

为了理解气候变化对生态过程的影响，进而对生态系统、生物多样性、粮食安全、疾病蔓延等的影响，我们必须认识到，大气中温室气体浓度的增加有直接和间接效应。大气中二氧化碳含量增加会影响生理过程，如光合作用、呼吸作用、植物生长及水分利用。但是，通过增加温度、降水格局变化、海平面上升，水质变化等，各种生态功能和过程也受到影响。图 2.13 总结了气候变化对生态过程的重大影响，以及生态系统结构和功能的后果。物候与分布格局的变化阐述如下。

图 2.13：温室气体和气候变化对生态过程的影响



来源：摘自 Hughes，2000

物候

物候涉及到自然循环中首次自然事件发生的日期（例如，叶和花出现的日期，蝴蝶第一次飞行日期、候鸟首次出现的日期）。这些事件往往由气候事件引起（例如温度），因此此类事件可以作为气候变化的媒介。然而，许多物种具有相互依赖性（复杂食物链、授粉、互惠的关系等），所以许多物种的生命周期是同步的。因此，如果气候变化以不同方式影响不同物种的生命周期，如果依赖性物种无法适应新的形势，那么，在生态系统内的功能关系可能受到严重阻碍。例如，在温带水生生态系统（淡水，海洋）中，浮游植物在春季盛开，随后以藻类为食德浮游动物才得以发展。多个作者（罗森茨魏希等，2007 年）观测到春季赤潮提前（最多提前 4 个星期）。此外，浮游物候虽然也受到影响，在许多情况下，浮游动物则不会像浮游植物那样进行回应。在北海的确已经观测到浮游生物群落的季节性周期，包括鱼类幼体，观测时间超过 6 周，但是，不同功能组存在变化（爱德华兹和理查森，2004 年）。因此，当敌种群出现的时间同其可用主食物错开时，则天敌种群就处于危险境地。不仅仅食物网关系如此，依赖昆虫授粉的花儿亦如此。

分布格局

不同物种需适应特定的环境条件。如果环境条件发生变化，物种可以以不同的方式作出反应：他们能够适应新环境，他们可以迁移到一个更合适的环境（并在地方消失），或者他们完全灭绝。在应对气候变化时，温度和大气二氧化碳浓度是发生变化的直接因素。这些变化发生的同时，可能伴随有降水量、风暴的频率，海平面上升，水质变化等等，包括他们随时间和空间尺度发生的变化。另一个问题是存在这么多非气候的人类活动造成的驱动因子。因此，人口增长导致土地利用变化、土地退化、森林砍伐、城市化、污染等，这将以复杂的方式影响物种的生存，并形成相互作用和和反馈机制。

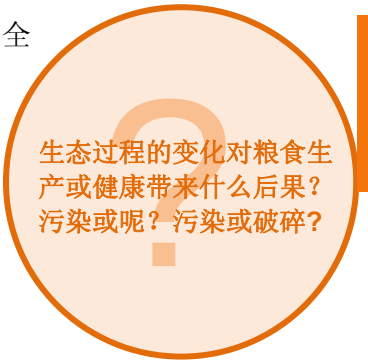
同其他压力因素（如人口增长、污染）相比，气候变化对生态系统的影响的重要性是什么？

专栏2.2： 迁移范围举例（向极地和和海拔较高的地域迁移）以及与气候条件变化相关的人口密度变化

- 南部物种扩展到北部;
- 太平洋和不列颠群岛周围潮区内群落的变化;
- 南部加州海岸海带鱼类群落和近海浮游动物群落;
- 南大洋磷虾数量减少;
- 在温带出现亚热带海域浮游生物物种;
- 鱼类物种地理分布的变化;
- 英国水生昆虫、鱼类分布向北迁移;
- 罗讷河中冷水无脊椎动物和的鱼类物种被喜温物种取代;
- 鸟类在冬季不再从欧洲迁徙;
- 分布范围向南极推进（表 1.9，Rosenzweig et al.，2007）;
- 高山植物向高海拔地区扩展;
- 疾病（例如疟疾、莱姆病、蓝舌病）和破坏性的昆虫的传播。

来源: Rosenzweig et al.，2007

生物群落（如热带雨林、温带森林、草原、冻原、沙漠）的全球分布主要取决于水的可用性（或年降水量）、平均温度这两个因素。因此，目前全球植被分布的主要更迭预测将随气候变化而发生。当然，在过去地质时间尺度上，已经发生了此类更迭。据预测，年平均气温上升 3℃，相当于纬度 300-400 公里的等温线或海拔 500 米发生更迭（休斯，2000 年），其影响可能导致独特的植被类型的消失。



小结

在调查可能的后果之前，我们必须理解气候变化的物理科学基础，其可能的驱动因子。水，作为一个赋予生命的资源，也最易受到气候变化的影响，应得到人们的特别关注。水资源管理者需要了解气候变化将如何影响水资源和生态系统，以及如何影响水的利用。不过，他们在可以作出合理的决定之前也应该意识到存在不确定性。

推荐阅读

CPWC (2009) 商业. 水和气候适应展望. 水和气候方面的合作项目(CPWC): Den Haag，荷兰. http://www.waterandclimate.org/index.php?id=5thWorldWaterForumpublications810

CPWC (2009) 变化的喜马拉雅山. 水和气候变化适应性的观察文件.

IPCC (2008) 技术文件五: 气候变化和水. 政府间气候变化委员会 (IPCC).

3. 战略发展和适应规划

目标

本单元的目的是熟悉的适应规划的基本原则和步骤，并对适应经济、水部门在应对气候变化过程中面临的挑战和机遇做一基本介绍。

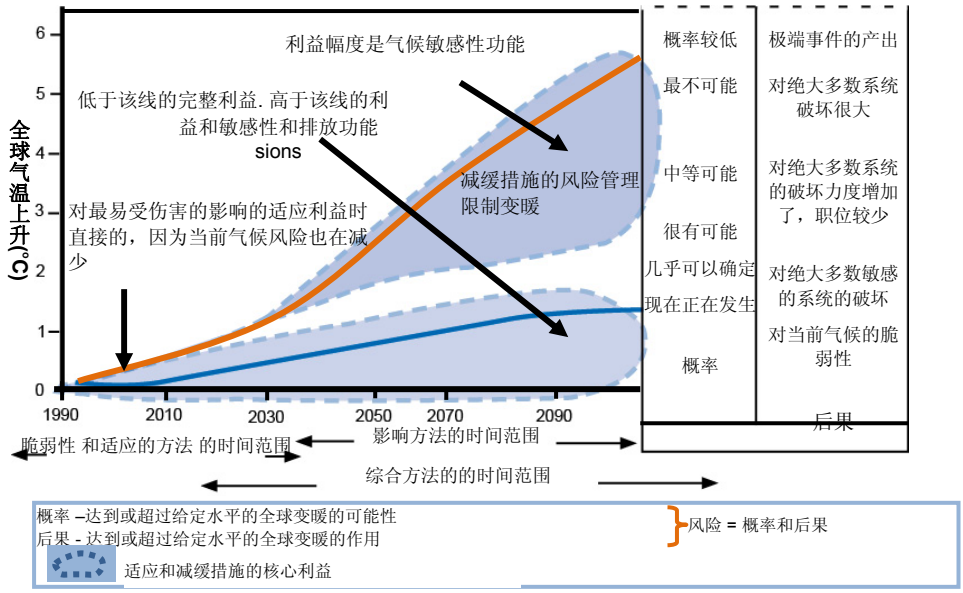
3.1 介绍

水资源综合管理是水部门用来制定水相关规划、措施，进而实现与水有关的千年发展目标的关键过程。然而，气候变化的潜在影响、不断增加的气候变异需要被充分纳入到水资源综合管理计划中。水资源综合管理应成为应对自然气候变异的范例，同时也是适应不确定条件下全球变暖、气候变化影响的前提条件。

适应是个人、社区和国家寻求应对气候变化影响的过程，包括气候变异。它应能协调各国的发展重点，如减少贫困、粮食安全和灾害管理。土地和水资源管理是在解决所有发展优先事项过程中的主要投入，因此，水资源综合管理规划进程必须包括应对气候变化因素。下面几节概述了一系列参与气候变化适应性辩论的重要国际机构所提供的指导内容。在全球水辩论的新问题是需要说明气候变化和不断增加的气候变异。虽然 1992 年在里约热内卢进行的联合国环境与发展大会议程 21 中将极端事件的增加确定为水资源管理人员面临的新挑战，这并没有明确地同气候变化或增加气候变异联系起来；该议程为水务部门推荐了一套综合措施。2002 年世界可持续发展峰会的执行计划（WSSD，2002 年）重申，这些建议仍然有效。

图 3.1：通过适应和减缓措施进行风险管理

气候变化适应和减缓的努力必须作为补充措施进行应用 - 不是唯一的方案。其原因在于，人们认识到，即使在国际社会通过减少温室气体排放等措施成功地应对和减缓了气候变化，未来几十年气候仍然继续变暖，尽管我们能对水循环的影响进行预测。因此，缓解是不够的。然而，如果只限适应，这也不是问题的解决办法，因为适应方案有很大的局限性，特别是当气候变暖超过一定水平的时候。图3.1说明了不同程度升温的补充性方法和该方法的预期净收益。



来源：IPCC 2007a: 图 2.1

3.2 联合国气候变化框架公约（UNFCCC）下的可用指南

UNFCC 在第 4 章涉及到适应问题，号召各方要“制定、执行、公布和定期更新国家的、以及在适当情况下地区的方案，这些方案包括用来减缓气候变化[...]、促使充分适应气候变化的各项措施”（UNFCCC，1994）。经各联合国组织和其他国际机构的努力，现已编制了一系列适应方案规划。在这里需强调的是国家适应行动方案和内罗比工作方案。这些进程在促进气候变化适应议程中起到重要的作用，因此对水部门采取适应行动也会起到激励作用。这些过程还应考虑何时确立国家水资源综合管理计划。

国家适应行动方案（NAPAs）为最不发达国家（LDCs）提供了一个用以确定针对紧迫需要的优先活动的过程，以适应气候变化。NAPAs 依赖 LDCs 有限的能力，以适应气候变化的负面影响。为了解决 LDCs 的迫切适应需要，需要一套新的方法，其重点放在增强对气候变异的适应能力，其自身有助于应对气候变化的负面影响。NAPA 考虑了现有的基本应对战略，确定优先活动，而不是将重点放在基于情景的用来评估未来脆弱性和国家长期政策的模型上。

制定 NAPAs 的步骤包括：

- 可用信息的综合

- 参与式评估当前气候变异、极端事件、因气候变化风险增加的区域脆弱性；
- 确定关键适应性措施以及优先活动的评判标准；
- 选择优先活动的候选名单（见第 5 章，不确定性和脆弱性指数）

NAPA 的制定还包括对用来应对 LDC 各方紧迫适应需要的项目和/或活动的简要介绍。内罗比工作方案是一个 5 年计划（2005-2010 年），由 UNFCCC 的各方、政府间和非政府组织、私营部门和社区来负责实施。其目的是协助 UNFCC 的所有相关方，特别是发展中国家，进行以下活动：

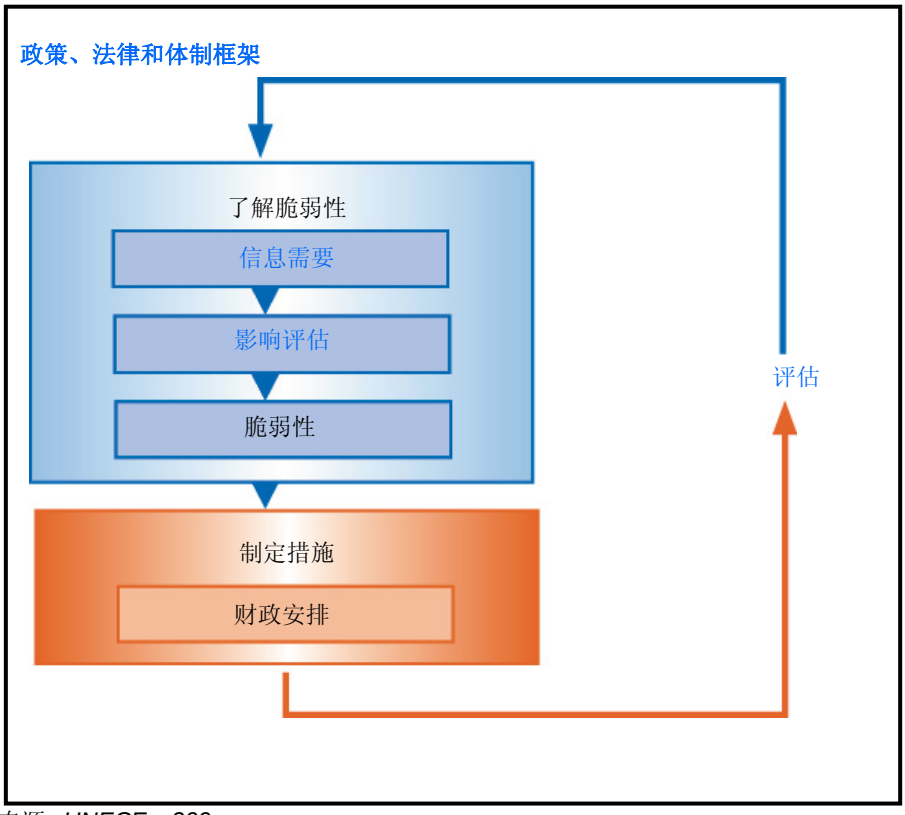
- 更好地了解和评估气候变化影响，脆弱性和适应性；
- 被告知在合理的科学、技术和社会经济基础上采取的实际适应性行动和措施，以应对气候变化，考虑当前和未来的气候变化和变异。

该方案涉及九个方面的工作，每项工作对增加各国适应的能力都是至关重要的。最近 UNFCCC 关于适应规划和实践的研讨会报告（UNFCCC，2007b）为水资源部门提供了具体适应性规划指导。

3.3 联合国欧洲经济委员会项下可用指导的主要内容

联合国欧洲经济委员会（UNECE），根据其关于保护和利用跨界水道和国际湖泊的公约，已经开始制定一份关于水和气候适应的指导文件。虽然目前只是以草案的形式提出，但它对当前水部门适应规划所涉及的问题、要求和步骤的政策辩论进行了很好的综合。制定一份适应战略所涉及的这些步骤详情见图 3.2。

图 3.2：制定一份适应战略



来源：UNECE，209

该指导文件（联合国欧洲经济委员会，2009）概述了适应规划的一些重要原则，即：

1. 气候变化是一个在变化规模、时间和性质上存在许多不确定性和风险的过程。但是，决策者在处理其他问题时，不习惯此类不确定性。考虑到这种情况，应使用各种方法。这些包括敏感性分析、风险分析、模拟和情景开发。
2. 由于气候变化引起对人类健康和环境的损害威胁，所以需应用预防原则，采取防范行动，即使某些因果关系尚未完全得到科学的证明。根据预防原则，损害的不确定性不应作为拖延行动的理由。考虑到很大的不确定性，预防性做法甚至可能有助于实现更严格的排放减量目标和/或适应响应。
3. 下面的首要原则应适用于任何适应政策框架：
   - 适应短期气候变异和极端事件是减少长期气候变化脆弱性的基础；
   - 在社会经济发展背景下评估适应的政策和措施；
   - 按照可持续发展的原则，适应政策和措施应考虑到社会、经济和环境的相关问题，并确保满足当前一代的需要，又不损害子孙后代的需要。
   - 按不同阶层（包括地方阶层）的社会来详细描述适应政策/战略。
4. 较强的跨部门、跨行业的合作应是决策、规划和实施的前提，这还涉及到所有的利益相关方；
5. 水资源综合管理的执行应确保多层次的管理一体化，现有的方法应互有区别，并考虑到环境、经济、政治和社会文化条件；
6. 无悔和低悔的方案，应被视为一个优先方案。无遗憾方案经证明是值得的措施或活动，即使没有发生气候变化。例如，洪水和其他极端事件的监测和早期预警系统将是有益的，即使该事件的频率并不如预期的多。低遗憾方案是低成本的选择，可以在气候变化的情况下带来很大好处，如果气候变化不会发生，其成本会很低。举例来说，在设计阶段通过加宽，新排水系统的管道，来应对气候变化。

7. 用来应对气候变化适应的情景、相关方法和措施的选择应考虑其实施可能带来的副作用。
8. 用来应对气候变化影响的措施应考虑空间和时间上的不同尺度。关于空间的组成部分，各项措施应考虑地方问题以及地区和全流域的问题。关于时间组成部分，应区分战略，战术和业务水平。
9. 对措施成本的评估是对措施排名的先决条件，并将其纳入到预算或更广泛的适应项目中。四项用来目标优选、选择适应方案的主要方法包括成本效益分析、多准则分析、成本效果分析和专家判断。还应考虑能导致许多环境、社会经济影响（如失业、人口迁移和污染）的无行动的成本。

虽然上述一般原则对指导适应政策是必要的，但他们并没有将政策转化为行动。随着各国开始报告在 UNFCCC 方面取得的成就，他们提供关于适应规划和实践的案例情景，有必要对从他们获得的信息进行综合。为本手册之目的，本章提供了一个案例，说明了一种在干旱的发展中国家的适应规划项目中，如何将原则转化为实践的方案。

- 部门适应规划的作用和潜在可能是什么？
- 你能否对跨部门适应规划进行举例？
- 你认为适应规划的最适当的空间水平是什么？

3.4 UNDP 下可用指导的主要内容

UNDP，作为一个主要的国际发展合作伙伴，已经开发出了适应政策框架（APF）。适应政策框架的步骤如图 3.3 所示。每一步都有一个单独的技术文件，该文件规定了详细要求。该框架过程可用于制定和设计与适应有关的项目或研究将适应考虑因素纳入到其他类型的项目中。各项目的重点可放在从农村到国家一级的人口规模上。下面的步骤是该框架的一部分：

第 1 部分：适应性项目的范围和设计。应保证一个项目，不论其规模或范围，能被很好地纳入到国家政策规划和发展进程中。这是适应政策框架过程的最重要的阶段。其目的是设立一个有效的项目计划，以便适应战略、政策和措施能得到执行。

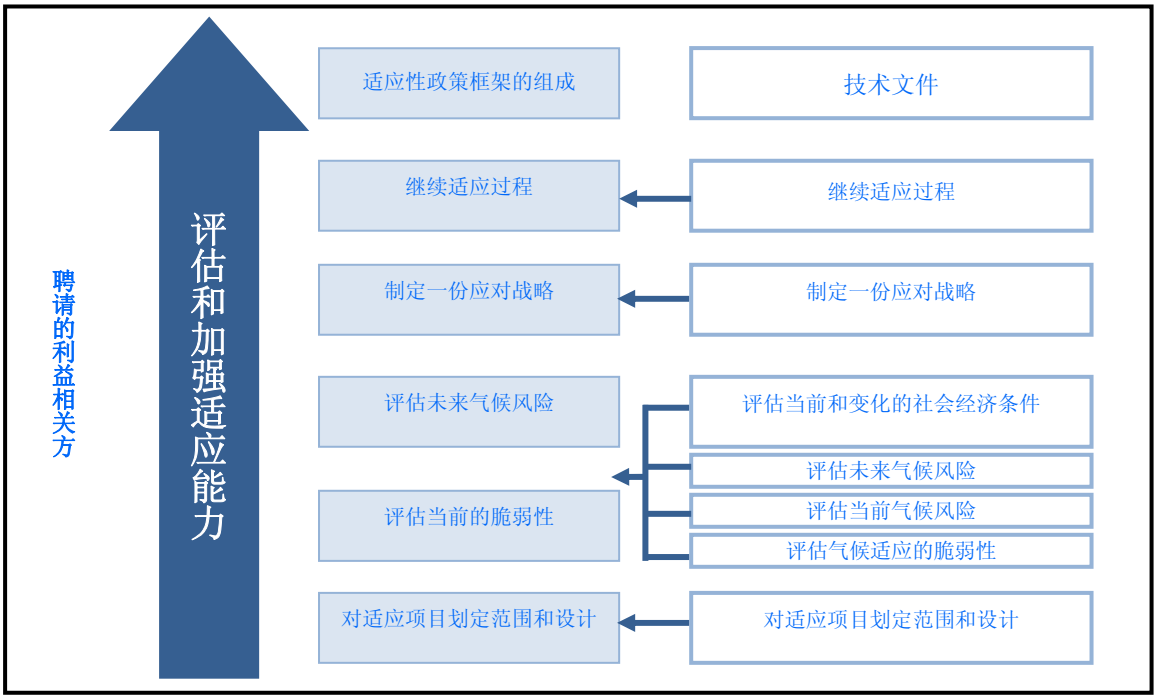
第 2 部分：评估目前的脆弱性，包括对几个问题的响应，如：当今社会哪些领域存在对气候风险的脆弱性？是什么因素决定一个社会的目前的脆弱性？如何成功地应对当前的气候风险？

第 3 部分：未来的气候风险评估的重点是开发未来气候、脆弱性和社会经济环境发展趋势的情景，作为考虑未来气候风险的基础。

第 4 部分：制定一份应对战略，以响应当前的脆弱性和未来气候风险，包括识别和选择一套适应政策方案和措施，将这些方案融合成一个团结的综合的战略。

第 5 部分：继续应对过程，包括执行、监督、评估、改善和维持适应性项目发起的倡议。

图 3.3：适应政策框架（APF）的组成



Source 来源: UNDP，2004

适应政策框架区分了四个基本方式，重点放在适应项目上，即基于危险的、脆弱的、适应能力和基于政策的方法。下表 3.1 给出了 4 个方法的定义和举例，便于不同体制规模的应用。

表 3.1：根据执行规模来识别适应项目重点

	基于危险的方法	基于 的方法	适应能力方法	基于政策的方法
	提高抗御严重的洪水和未来的气候风险的韧性	未来的气候条件下，提高获得新市场的机会，支持生计多样化	l提高商业社区对气候变化（包括气候变异）的认识和韧性	减少气候变化引起的对风暴潮和海平面上升的脆弱性。
国 家	国家如气象服务如何改变，以便更好地监测未来风险的演变？	未来气候条件下，世界市场最近的变化如何影响孟加拉国水产养殖业（因海平面上升，已经存在被淹没的风险）？	哪些商业部门最受气候变化的影响，为什么？何种认识需要提高，为谁？论坛应该做些什么？	应该用何种奖励约束措施来于阻止容易受到气候变化引起的海平面上升和风暴潮影响的沿海地区的发展？
区 域	在未来气候条件下，洪水预警系统如何才能变得更有效，从而难以接近的社区服务？	怎样才能获得生计多样化活动所需的新市场，以减轻未来气候的影响？	区域商业如何才能最有效地支持容易受到气候变化（包括气候变异）影响的生计？	重组或撤退？未来的气候条件下，如何确定哪些地区应受到保护，哪些地区将被淹没？
地 方l	未来气候条件下，哪些技术对地方一级的防灾规划是最合适的？	信贷计划怎样才能最好地支持在农村地区的生计多样化，以减少气候变化的风险？	哪些参与式远景规划过程是最适合识别气候变化情景对地方行业协会和企业成员造成的威胁和潜在机会？	什么样的利益相关方主导的项目是最适合调查那些用来减缓未来气候条件下城区洪灾损害的方法？

Source 来源: UNDP，2004

3.5 关于针对土地和水资源管理的气候变化适应的对话

2009 年 4 月，一批进行土地和水资源管理适应对话的关键利益相关方，在一次区域性协商之后，同意了气候变化适应的五项原则。这五项原则，随后转载，将“促进可持续发展，同时应对气候变化的影响”（关于土地和水资源管理适应的对话，2009）。这些原则包括：

指导原则 1（可持续发展）：

必须更广泛的发展背景下解决适应问题，同时将气候变化视为减少贫困、饥饿、疾病和环境恶化的额外挑战。

指导原则 2（恢复能力）：

构建目前和未来对气候变化的恢复能力，要求从现在开始解决处理土地和水资源管理中的现有的问题。

指导原则 3（治理）：

必须加强土地和水资源管理体制建设，这是有效适应的关键，并应遵循公民社会、性别平等、辅助性和权力下放等参与原则。

指导原则 4（信息）：

必须改善地方应对气候变化的信息和知识，并被视为各级共享的公共利益。

指导原则 5（经济及融资）：

不采取行动的成本、适应行动的经济和社会效益，均需要不断增加的和创新的投资和融资。

如需详细资料，请参考完整的声明（关于土地和水资源管理适应的对话，2009）。

3.6 适应经济学

很多辩论涉及到解决气候变化问题的经济方面，包括减缓和适应气候变化的成本和效益。最广泛引用的报告是 2006 年英国政府出版的斯特恩报告（斯特恩，2006）。这意味着必须将适应性行动和适当的政策纳入到国家发展战略，并纳入到发展计划、地区、国家和地方水平的适应资金和费用，但不要设定平行过程，正如该报告所述的：

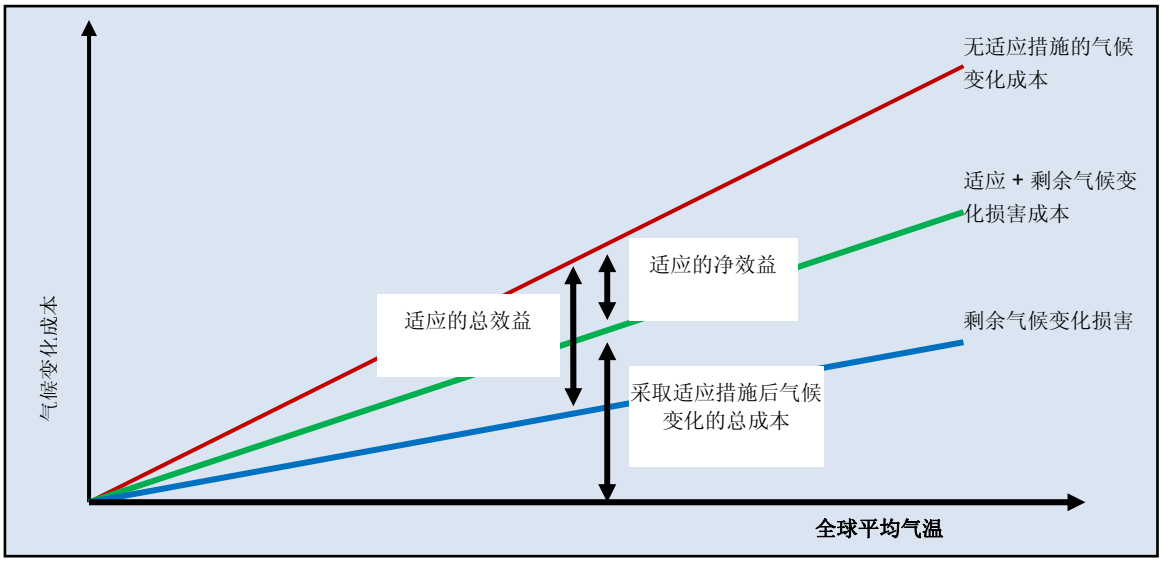
“综合起来，这一切都意味着，不是将适应从发展独立起来，而是将适应看做一项实现标准发展目标的额外成本，具有一定的复杂性。具体来说，适应有着同发展一样的目标产出，包括维持或改善社会保障、卫生、安全、经济自给自足 – 因此，根据对这些成果的预期影响，应优先考虑各项费用（无论是标注的适应或发展）。为此，最有效地方式是将气候分析、额外资源纳入到规划和预算中，以便实现这些发展目标。（斯特恩，2006）

将气候变化从一般开发项目和目标隔离开来将意味着什么？你的所见是否存在这种可能？

斯特恩报告涉及到第 5 章讨论的适应性经济方面。然而避免气候变化造成的破坏被认为是一项适应的效益，报告很明确，往往存在一个庞大的剩余损害（或风险）。

图 3.4 提供了一个简化的适应性经济的模型。该模型中，气候变化和全球平均气温升高之间的关系是线性关系，但事实上，温度上升的成本是指数式的。

图 3.4：关于全球平均温度的适应的成本效益



来源: Stern，2006

适应净效益'的'概念对模型是非常重要的 - 即避免的损害减去适应的成本。适应净效益，作为政策设计的一项指标，已成为许多气候相关发展政策的惯例， 例如综合性洪水管理：洪水管理战略的净效益是用洪水带来的综合效益减去防洪和剩余洪水损坏的成本（WMO，2004）。这意味着，在规划决策中，考虑到所招致的效益，有必要从可接受风险的角度结合风险管理（作为概率和相关后果的一个构想）。这一观点有助于避免不适应，无需限制对消除贫困/后代生计是十分重要的发展机会。

图 3.4 中的图解看起来像什么，比如一个防洪项目？

3.7 适应的挑战和机会

挑战

- **监测和观察系统以及数据分享不足**

  了解水资源目前状况是发现和确立趋势重要意义的基础，例如，降雨和径流模式或土壤水分分布。地下水和地表水资源的不充分的监测和观测系统- 即数量和质量，普遍盛行的降雨模式和冰冻圈的状况 – 抑制了许多国家在水资源方面的管理和发展，因此需要制定适应规划。由于流域内土地利用变化的数据不足，使得对因气候变化引起的水文变化的评估变得十分困难。即使这些数据是可用的，但它们可能被视为战略资源'，可能无法得到广泛共享，或制度安排难以形成关于资源状况的决定性的声明。因此，水资源的评估 - 包括监测操作方案的需求 - 应该作为适应规划一个不可缺少的（早期的）一部分。

- **缺乏基本信息**

  这可能是当前适应规划的主要障碍，因为各国开始出资收集基本信息。在气候信息领域，由于上述监测能力的缺陷，历史气象记录匮乏，遥感传感信息可以

补充—但不能取代—此类记录。关于季节性或半年气候预测，只有少数的高度专业化的气象预测中心能按质提供，但尚未达到水管理者操作的空间和时间的尺寸。

- **脆弱性区域内的移民安置**

  即使不考虑气候变化情景，人口增长所带来的问题（特别是在发展中国家）和对有限土地和水资源造成的压力仍旧是巨大的。气候变化将通过影响水危害的频率和强度来加剧洪水、山洪、泥石流和山体滑坡等问题。贫困和城市化是驱使人们在以前空置的脆弱区域居住的主要因素，因为那里有更便宜的土地，或那里是唯一能定居的地方。因此，适应规划必须考虑到发展的问题。

- **合适的政治、技术和体制框架**

  不能将适应理解成为一个独立于国家发展的过程，它是国家发展不可或缺的一部分。体制结构和体制能力薄弱仍然是在发展中国家水务部门的主要挑战，适应过程还带来另外一个挑战：体制结构额外的风险。适应规划中需要考虑加强和明确规定在实现适应目标过程中主管当局、政府组织和私营部门的作用。需要对多学科过程进行更新，该过程允许向经济效率、社会公平和环境可持续的适应（和减缓）方案的转变。近年来关于制定气候变化减缓方案的政治论述已经清楚地证实这种需要（如生物燃料的使用）。

- **决策中的社会公平**

  在决策中缺乏利益相关方的发言，这不利于形成更公平的水管理解决办法，气候变化也不会使这方面问题的复杂性降低。气候变化的影响引起的脆弱性将增加社会的不平等，因为自然资源可能进一步枯竭，而生计 - 特别是农业方面 – 则因缺乏投资和部门的能力建设而受到威胁。虽然气候变化被认为是迁移决策的唯一一个决定因素，但其对代际和性别平等的影响是巨大的。如果农村社区受到破坏，这种影响特别明显（比如：男劳动力去外地找工作，留下老人、妇女和儿童呆在社区）。因此，我们要从性别敏感性的角度来对待不同群体的脆弱性和他们在适应规划中起到的作用。平等决策中的另外一个复杂的因素是，在这一过程中没有顾及到子孙后代，政府必须起到这种作用。

机会

- **规划新投资，提高能力**

  如果能够预测气候变化对水资源的影响，这将有助于在新的水资源开发计划中加快规划和投资决策。在缺乏必要的水利基础设施的地区迫切需要这些计划，因为在过去此类缺乏已成为发展的阻碍。在许多地区，考虑到当前降雨模式的变化情况，越来越多的存储和需求方管理方案已经成为一个应该重新审议的具有挑战性的政治和财政问题。这些计划也可能是经济刺激计划的一部分，存在较大的基础设施投资，以支持建设部门。应重点关注那些已完成法律规定的规划周期，但可能缺乏资金或主流政治支持的议案，以避免投资不当和适应不良。

- **现有系统的维护和修复**

  同样，应通过重现评估设计程序（如'可能最大降水'和'可能最大洪水'）、安全水平和监测计划来重新重视被忽视的水利基础设施维修（大坝安全、排水系统和渠道维护、堤防修复等）。这是一个加强基础设施建设、公共安全的机会，这超出了气候变化问题的本身。

- **现有系统的运行和监管，以便实现最优化利用和顾及新用途**

  气候变异和变化的复杂性增加促使人们更多地重新评估和优化水利基础设施的运行和监管。这可能包括对环境最小流量的要求，和其他与水质、流量季节性、上游和下游社区对流速迅速变化的脆弱性有关的生态要求，以及水资源共享的跨界安排等。

- **过程和要求的修正（节约用水，定价，监管）**

  不断增加的气候变异也可能是一个建立更精明、更有力节水和定价条例的机会（虽然本身没有增加监管）。即使假设在一个固定的气候条件下，这也是一项艰巨的任务。

- **引进新的高效技术**

  水资源可用量的预期变化促进了新的、高效的水资源开发技术的开发和应用，以便进行水资源开发（例如海水淡化和重新使用）、水资源保护（污水处理系统、灌溉效率的提高（每一滴水生产更多的农作物）等。但是，此类新计划，需要彻底的测试，以确定他们各自的优点和缺点，以便将气候变化适应和减缓领域的冲突目标风险降至最小

- 当谈到水部门的气候变化适应措施时，你所在的环境有哪些具体的挑战和机会？
- 你觉得进行气候变化的辩论以促进当前水资源管理的改善是否合理？采取这种做法有什么好处和风险？在政治压力下科学整合原则如何起到作用来实现适应战略？

小结

对目前气候变异和极端事件的适应是减少未来气候变化脆弱性的基础。必须在国家或地区发展的背景下制定一份适应战略。社会各阶层都发生了适应情况：国家、地区、地方、社区和个人。适应过程同适应战略同样重要，特别是在优化各部门的现有资源，邀请最大范围的利益相关方参与。

推荐阅读

Cap-Net (2005b) 水资源综合管理规划——培训手册和操作指南

CPWC (2009) 干旱和半干旱地区. 水和气候变化适应展望. 水和气候方面的合作项目 (CPWC): Den Haag，荷兰
http://www.waterandclimate.org/index.php?id=5thWorldWaterForumpublications810

CPWC (2009) 三角洲。水和气候变化适应展望

CPWC (2009) 能源。水和气候变化适应展望

CPWC (2009) 当地政府。水和气候变化适应展望

CPWC (2009) 财务问题。水和气候变化适应展望

网站链接

《联合国气候变化框架公约》 气候变化适应性主页：
http://unfccc.int/adaptation/items/4159.php

4. 气候变化对用水部门的影响

目标

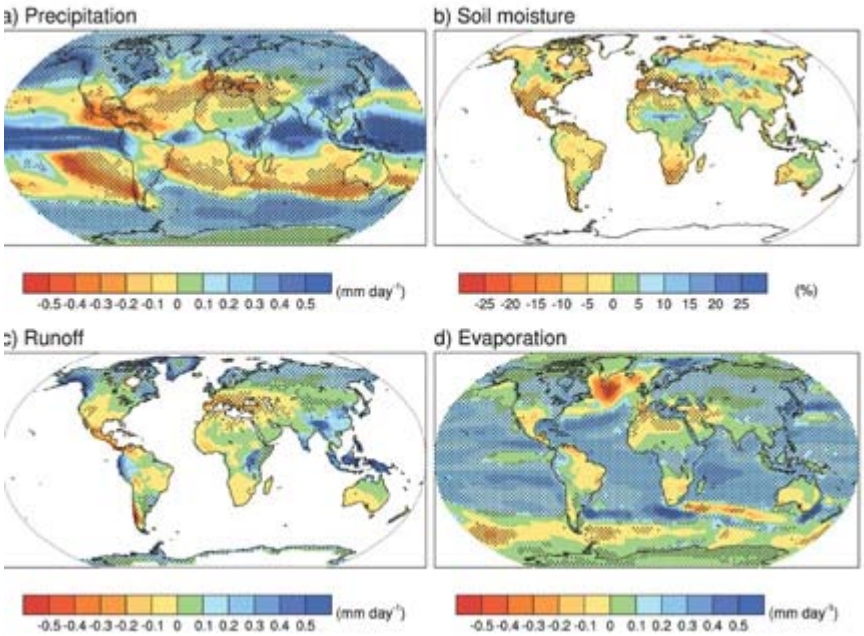
本章的目的是使参与者熟悉气候变化在不同地区、对精选的水利用部门的影响，并熟悉如何分析和评估这些影响的方法。

4.1 预测地区气候变化

尽管预测气候变化将使全球气温上升，但气候变化对水资源的影响是复杂的（见第 2 章），对世界各地的影响各有不同。由于预测有些地区的降雨量会更多，而其他地区由于净降雨量大幅减少，则要面临不断严峻的水压力。IPCC 最新报告（BATES，2008）综述了气候变化对全球不同地区水资源的预测影响。

气候变化预测完全是根据全球大气环流模型（GCMs）进行的。图 4.1 列出了 15 年大气环流的结果，包括情景 A1B 项下，2080-2099 年间四个水文气象变量（降水、土壤水分、径流和蒸发量）相对于 1980-1999 年的年平均变化（参见图 2.8）。并点描了有平均变化迹象的地区。模型结果表明，7 个半干旱和干旱地区缺少程度预计会增加，包括地中海盆地、美国西部、南部非洲和巴西东北部。相反，预计高纬度地区（如欧洲）和一些亚热带地区的降水将增加。

图 4.1：15 个模型平均变化：（a）降水（%）；（b）土壤水分(%); (c) 径流 (%)； (d) 蒸发量 (%)。年平均值变化：情景 A1B，相对于 1980-1999 年间情况 2080-2099 年间的

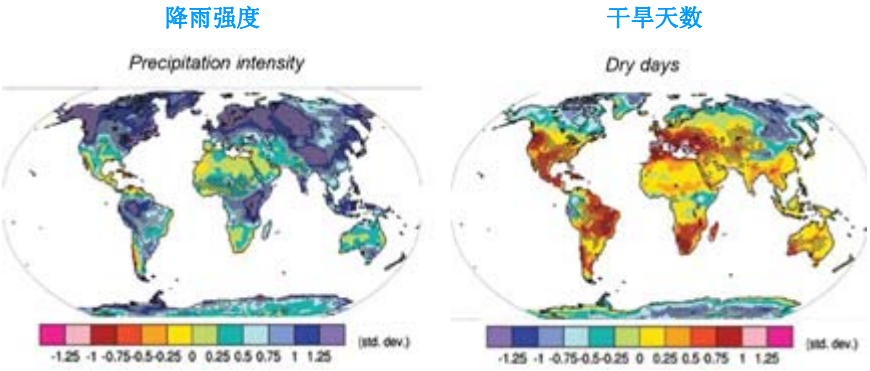


来源: Bates et al.，2008

预计气候变化将增加世界许多地方洪水和干旱发生的频率和强度，如图 4.2 中 GCM 模型结果所示，点描了至少有 5 个模型发生重大变化的地区。这些结果表明，降雨强度将在高纬度和亚热带地区增加，而在地中海盆地、美国西部、南部非洲和巴西

东北部其干旱条件将加剧。

图 4.2：降雨强度和干旱天数的全球预测（持续干旱天数的年最高值）



来源：摘自 Bates，2008

下文简要介绍了不同地区气候变化的预计影响(Bates et al.，2008)：

非洲

气候变化预计将使非洲北部和南部的缺少状况加剧。与此相反，非洲东部和西部可望得到更多的降水。萨赫勒地区严重干旱已经持续了近 30 年。尼罗河三角洲预计将受到海平面上升的影响。

亚洲

气候变化预计将减少幼发拉底河和底格里斯河的源头地区的降水。印度次大陆冬季降水预计将减少，导致更大的水压力，而季风降雨活动预计将加剧。湄公河每月最高和最低的流量预计将分别增加和减少。所观测的冰川下降预计将继续减少对大量人口的水供应。

澳大利亚和新西兰

Darling 盆地的径流，其中包括澳大利亚百分之七十的农业用水需求，预计将明显下降。在澳大利亚的东部地区干旱发生频率预计将增加。南岛的径流预计将增加。

欧洲

在一般情况下，欧洲北部年平均降水量预计将增加，而南部进一步减少。地中海和欧洲中部和东部的部分地区将更加容易出现干旱。在欧洲的东部和北部地区和沿大西洋海岸洪水风险预计将增加。

拉丁美洲

南美洲东南部和亚马逊地区中部湿日数预计将增加。相反，在巴西东北部海岸日降水较弱极端事件将增加。在中美洲四季中极端干旱季节将更加频繁。冰川预计将继续下降。

北美

气候变化将制约北美已经过度分配的水资源，特别是在半干旱的美国西部。五大湖区的水位预计将下降。冰川预计会持续萎缩。积雪的延迟和缩短将减少积雪战略的存储容量

你所在地区预期的气候变化是什么？你期望水资源如何受到影响？

4.2 对水利用部门的影响

4.2.1 农业

因为二氧化碳浓度增加和生长季节的拉长，气候变化的积极影响是能提高生长率。然而，由于农业是用水最多的领域，它会强烈地受到降雨、温度和其他天气条件变异的影响(Kabat and van Schaik，2003)，从而受到气候变化的影响。另外，对雨养农业、灌溉系统的影响尚不了解（粮农组织，2007）。全球超过 80%的农业用地属于雨水灌溉，当处于干旱和半干旱条件下，产量将非常容易受到气候变化的影响（贝茨等人，2008）。此外，虽然灌溉土地只占全球农业用地的 18%，其收益率为雨养区域的 2-3 倍。因此，全球粮食生产都依赖于降水，并越来越多地依赖水资源的供应。后者变异增加后，反过来，会影响灌溉农业。例如，在低纬度地区，春季较早融雪可能导致水灾和夏季缺水（贝茨等人，2008）。此外，如果降水减少导致了灌溉用水的增加，那么，由于废水处理不够，水传播病的发病率可能增加（贝茨等人，2008）。

很明显，过少的水将直接地对农业生产产生不利影响。另一方面，极端降雨事件可能导致土壤水分过多、土壤侵蚀、直接破坏植物和延迟农场运行，所有这些破坏了粮食生产（贝茨等人，2008）。粮农组织（2007）将气候变化对食品生产的影响归类分为两组：生物物理组和社会经济组（表 4.1）。总之，粮食总产量可能不会受到威胁，但区域和地方的差异会相当大，那些最没有能力应付的人群（例如，在边缘地区的小农户）将受到最为严重的影响。

你所在地区的农业生产如何受到气候变化的影响？是积极或消极的？如果是消极影响，你认为有哪些应对措施？

表 4.1：气候变化对粮食生产的生物物理和社会经济影响

生物物理	社会经济
● 对作物、牧场、森林、家畜（质量和数量）的生理影响 ● 土地、土壤、水资源的变化（数量和质量） ● 增加了杂草和病虫害的挑战 ● 影响的空间和时间分布发生了转移 ● 海平面上升，海洋盐度和酸度变化 ● 海洋温度上升导致鱼类栖息于不同的范围	● 产量和生产下降 ● 农业边际生产总值下降 ● 世界市场价格的波动 ● 贸易制度地理分布的变化 ● 受到饥饿和粮食不安全风险威胁的人数增加了 ● 迁移和社会动乱

来源：摘自 FAO，2007

4.2.2 渔业

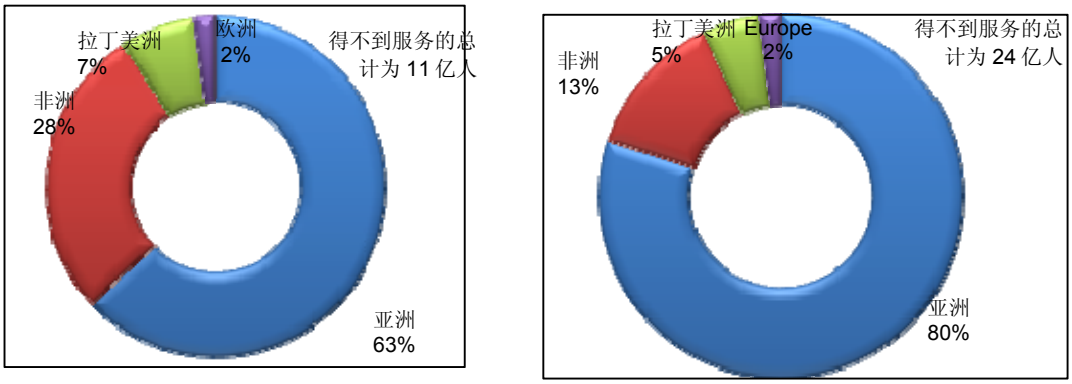
气候变化对渔业和水产养殖的影响包括因温度升高、氧气需求增加、水质恶化，流量减少带来的压力。但是，人类活动的影响（因人口增长、防洪减灾、取水、土地利用变化和过度捕捞）将会比气候的影响更大（见贝茨等人，2008）。举例来说，赖利等人（2003 年）观测到坦噶尼喀湖的远洋渔业下降，这归咎于气候变化和过度捕捞的共同影响。坦噶尼喀湖是一个较大的（平均宽度 50 公里，平均长度 650 公里）、较深的（平均水深 570 米; 最大深度，1470 米）南北向的裂谷湖泊，它是周边国家布隆迪、坦桑尼亚、赞比亚和刚果民主共和国的营养和收入的重要来源。1920-2000 年间深层水的温度升高了，温跃层深度自 1940 年以来下降了。这是由于气候环变化的作用，导致环境温度升高、风速降低，从而造成混合深度的减少。因此，在（狭窄的）透光区的初级生产力减少了，进入该生产区的深水养分也有所减少。

你是否期望你所在地区的渔业受到气候变化的影响？水产业受到何种影响？

4.2.3 供水和人类健康

对人类健康最大威胁之一的是缺乏洁净水。尽管在供水和卫生部门取得了一些进展，但是，11 亿人仍缺乏足够的供水，24 亿人没有足够的卫生设施（世界卫生组织/儿童基金会/供水卫生理事会，2000 年）。这些人大多数生活在亚洲和非洲（图 4.3）。如果因气候变化导致供水紧张，饮用水和卫生用水供应将会进一步减少。降低污水处理系统的效率可能导致供应原水的微生物浓度升高。由于稀释降低，污染物的浓度会增加。下游流量变小和地下水资源枯竭，引起盐度增加，这可能迫使人们使用受污染的地表水。另一方面，较多的雨水，将对排污系统带来更大的压力，并会导致更多的溢流，从而增加传播疾病的风险。因为气温升高刺激了许多疾病的传播，水源性疾病的发病率进一步增加。此外，温度升高也可将新疾病引入到以前未受到影响的地区。总体而言，疾病的发病率将增加（Kabat and van Schaik，2003，Ludwig and Moench，2009）。

图 4.3：无充足供水（左）和充足卫生设施（右）的全球人口的分布



来源: WHO/UNICEF/WSSCC，2000

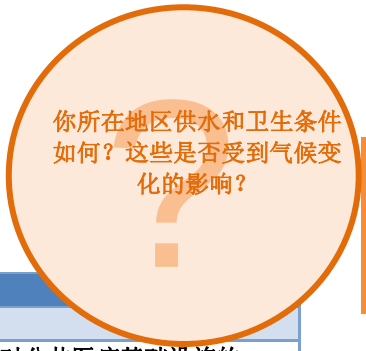


表 4.2 概述了气候变化通过对水资源的影响，从而影响到人类健康(Kabat and van Schaik，2003)。

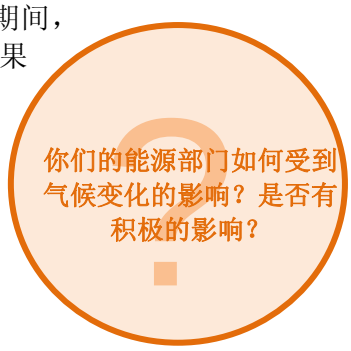
表 4.2：温度和气候变化的调解过程、以及对人类健康直接和非直接的影响

调解过程	健康结果
直接影响	
极端天气事件频率或强度的改变（如风暴、飓风、旋风）	死亡、受伤、心理障碍;对公共医疗基础设施的损毁
间接影响	
改变了地方水源生态和食物传染的传染物	腹泻及其他传染病的发生率改变了
通过气候、相关害虫和疾病的变化，改变了粮食生产力	营养不良和饥饿
海平面上升，引起人口流离失所和对基础设施的破坏	传染性疾病和心理疾病的风险增加了
由于对经济、基础设施和资源供应的影响，引起社会、经济和人口的错置	广泛的公众健康的后果：精神卫生和营养障碍、传染病、内乱

来源： Kabat and van Schaik，2003

4.2.4 能量

虽然许多其他领域和经济活动也会受到气候变化的影响（如城市基础设施、旅游、交通），但能源领域更容易受到气候变化的影响。水电发电量容易受到降水的量、时间和地理格局的影响，也受到（水）温度的直接影响(Kabat and van Schaik，2003)。水电产量会随流量的减少而下降。此外，在低流量的期间，更多的用户可能会发生冲突（如对农业、自然界的分配）。如果水温超过一定水平，将不再适合用于冷却的目的。例如，1997/1998 年拉尼娜干旱导致肯尼亚水电下降百分之 48，这造成在该国形成很高的经济成本。在科罗拉多河（美国）径流减少了 10%，估计将减少 36%的电力生产(Kabat and van Schaik，2003)。



4.2.5 水利基础设施

考虑下面的引述：

> “水管理就是应对气候变异。气候变化和不断增加的气候变异将只为水的管理人员转换边界条件”（van Beek，2009）

“由于水文气候变化的幅度和无处不在，且正在进行中，我们认为，气候变化的平稳性是无效的，在水资源的风险评估和规划应不再用作主要的缺省假定。...当今世界面临着巨大的双重挑战，即更新现有水利基础设施、和建设新的水利基础设施。在当前不确定的和变化的气候背景下，现在是时候更新用来规划此类巨大投资的战略 ”（米莉等人，2008）

水资源管理人员，作为其核心职能，已经同气候变异进行了几个世纪的斗争。既定的设计实践的基本成分是利用统计分析工具，从长期观测的参数中获得设计流量或降雨量。例如，在堤防设计中，派生设计洪水水位须考虑到干舷（堤防的合理增加），以达到实际的设计防御水平。出水高度必须考虑：

- 水文分析以及工程中的不确定性;
- 波浪爬高
- 地面沉降。

上文引述涉及到当前论述的两个方面，即气候变化对水利基础设施的规划和运行有什么样的含义。有人认为，目前的可用统计工具足以调解时间序列范围内非平稳条件的不确定性（气候变化所致）。其他人则认为，水基础设施的寿命（同气候时间尺度相比）允许它在一定时间内以连续的方式适应。然而，这似乎意味着，气候变化是以渐进的或线性的速度发生。这是远不能肯定的。区域气候变化，如年平均降雨量，可能比全球平均值的发生速度更快。

如果我们在衡量这些方面的同时再看看洪水管理的案例，需要指出的是，关于采用什么样的设计洪水的决策应根据风险效益平衡进行，这不仅要遵从科学的原则，还要取决于事件本身。城市或产业园区将按比农业地区更高的安全标准进行保护。世界各地的洪水管理政策已经转向超越“绝对安全，免受洪水灾害的政治神话”"的方式。此类'综合洪水管理'的方法认识到防洪措施的价值，也认识到其限制，如剩余风险，举例来说，如果堤坝故障，或溢洪（世界气象组织，2004 年）。这可以利用一系列工具来进行，诸如土地利用规划控制、防洪的重点基础设施、洪水预报、堤防故障时应急计划、风险分担的解决方案（如洪水保险计划、巨灾债券等）。此类方法是必要的，然而，必须考虑到谁参与了多部门计划中的决策、最终的政治后果是什么。

干旱的情况在其可预测性、期限和可缓解措施的设定等方面当然更复杂。特别是，蓄水基础设施的设计和运营是一个令人关注的领域。即使在气候变异情景下，干旱受到关注的程度远远低于洪水。科学家们针对上述第二个引文进行辩论，并假设当前基础设施发展实践中一种“一如往常”的方法可能在以后某个阶段带来严重后果，并且，从长远来看，今天才去预防或减缓措施将会更经济有效。在非平稳条件下，由于当前可用来开发和操作水量基础设施的分析工具还不够充分，社会提高了对水管理者在社会公平、环境可持续的解决方案方面的要求，因此，要求积极努力，结合各学科力量研究和开发备用解决方案。

4.3 评估影响的技术

任何气候变化适应努力的重要组成部分，不论其规模，是要根据不同预测条件（包括那些需要和不需要执行适应措施的条件）对气候变化的潜在影响进行合理可靠的评估。为了彰显他们的意义，影响评估必须具有不同评估阶段固有的不确定性的特征。

4.3.1 气候变化评估框架

评估气候变化对水资源的影响一般是在一个更大的框架内进行。这应该支持选择和制定适应政策和措施，以提高适应能力，减少水资源系统气候变化的脆弱性。 IPCC 工作组第二次报告（卡特等人，2007 年）确定了五种类型的气候变化影响、按其目的和评估重点进行区分的适应和脆弱性（CCIAV）评估框架（见专栏 4.1）、可用方法和途径，以应对不确定性。一般来说，评估是将重点从多数以研究为中心转移到强调由

利益相关方参与的政策分析和决策上。不确定性是公认的评估过程中所固有的特点，需要进行管理，而不是减少（见第五章）。

专栏4.1：CCIAV评估框架

IPCC (Carter et al.，2007) 确定了 5 种类型的 CCIAV 评估框架：

- 影响评估：第一代，自上而下的基于情景的方法，该方法在 CCIAV 文献中仍然占主导地位。
- 适应评估：一个自下而上的方法，其重点放在用来增强受到气候变化风险威胁的系统弹性的评估措施上。
- 脆弱性评估：一个自下而上的方法，该方法与适应方法紧密相关，但更侧重于自己的风险，以减少其影响。
- 综合评估：提供一个用来协调和代表不同 CCIAV 评估研究之间的相互作用和反馈的平台。
- 风险管理：强调不确定性的特性和管理，直接满足政策和决策的需要。可用于促进对减缓和适应政策的综合分析。

4.3.3 影响评估方法综述

这些方法如何帮助你管理地上水资源？
你需要从气象学家那儿获取什么类型的信息？

文献中多数影响评估研究是根据表 4.3 所描述的 IPCC 七步评估框架进行的。在这种自上而下的方法中，选择情景，以代表一系列潜在的社会经济条件，这些条件通常是基于 IPCC SRES 故事情节之上的（图 2.8）。相应的温室气体排放情景通过大气环流模型产生气候变化情景，每个情景包含一套用来模拟给定的水资源系统所必需的水文和气象变量。做为选择，这些情景可以使用合成或模拟方法来创建。一般用一个建模工具来评估水资源对气候变化情景的响应。

表 4.3：IPCC 的 7 步评估框架

1	定义问题
2	选择方法
3	试验方法/敏感度
4	选择情景
5	评估生物物理/社会经济影响
6	评估自主调节
7	评估适应战略

来源：卡特等人，1994 年

评估过程需反复进行，以建立基准条件，并代表自主的和规划的适应。不同的适应措施和政策的绩效是根据一套能反映规划部门确定的优先事项的标准进行评估的。理想情况下，这些标准的选择应保证做到在水资源综合管理的三个关键原则上的权衡：经济效率、环境保护和社会公平。

4.3.4 气候变化情景类型

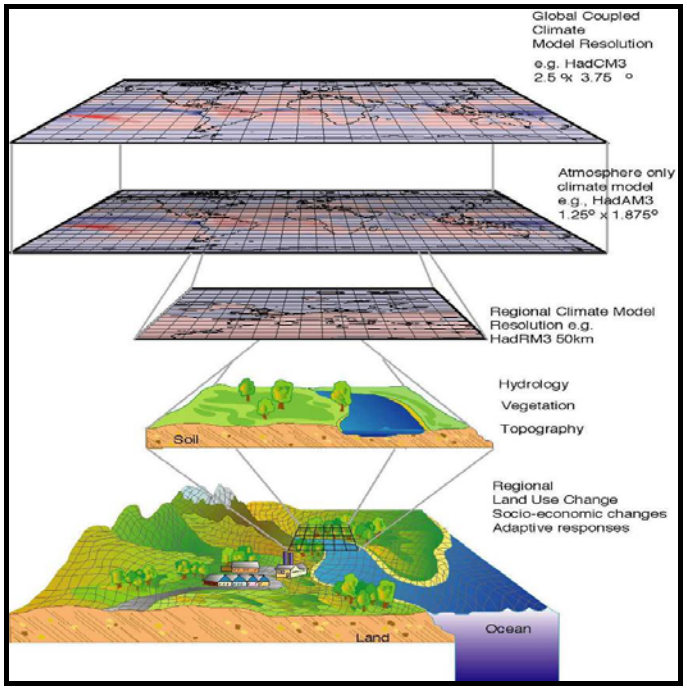
有三个创建气候变化情景的方法。最普通的方法是利用大气环流模型的输出，用代表社会经济情景的温室气体排放进行模拟。可创建合成情景，以代表一系列潜在气候变化。可利用历史观测条件或其他区域的条件来创建拟情景（Feenstra et al.，1998）。

基于大气环流模型的气候变化情景

大气环流模型实际上是应用计算机模拟地球气候系统，从而预测潜在气候情景。它们的复杂范围涉及从简单的能量模型到三维大气-海洋大气环流模型（AOGCMs，见 2.2.2 节）。在影响评估研究中，SRES 的温室气体条件通过一个大气环流能产生气候预测。它们可以在平衡条件的基础上运行，假定当前和未来的气候瞬间达到相应温室气体浓度。更具有代表性、运行代价也更大的是假设未来的气候变化基于温室气体排放稳定增长的情况下，运行大气环流模型。

大气环流模型输出的时空分辨率远远低于评估水文条件所需的分辨率，这使其无法直接用于水文模型（见图 4.4）。大气环流模型的输出可用于运行区域气候模型（RCMS），这可形成气候变化情景和水资源模型的分辨率。另外，大气环流模型的输出可根据地面测量来减少统计规模。

图 4.4：气候和水资源模型之间的空间分辨率差异



来源：世界气候项目，2007

合成气候变化情景

合成情景是根据气象变量的组合递增量进行的。例如，利用均匀温度变化，结合基准数据来创建合成温度时间序列。通常使用均匀百分比变化来创建降水合成数据。合成情景的成本较低，易于应用，并且可以用来代表广泛的潜在气候变化。然而，在气象变量中假定均匀变化是不切实际的，合成变量本身可能无法实现内部相互一致。例如，增加降水量增加应始终与增加的云和湿度有关。

模拟的气候变化情景

可利用两种模拟的情景。时序模拟情景是基于将过去的温暖气候用作未来气候情景之上的。空间模拟情景是基于将其他区域的当代气候用作研究区域的未来气候情景之上的。但是，IPCC（卡特等人，1994）对使用模拟情景提出了一些建议。由于全球气候变暖的时空模拟不是人为地温室气体排放引起的，因此，时空模拟类似于未来气候情景这一看法令人生疑，它缺乏有效的存在基础。

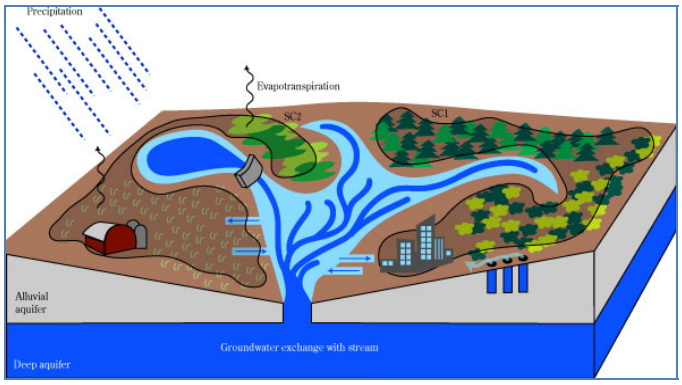
4.3.5 评估水资源系统对气候压力因素的响应

对其最广泛的解释是，一个水资源系统是由相互关联的自然和社会组成的（图4.5）。气候变化和变异对降水和蒸发量有直接重要的影响，这是测定潜在洪水和干旱--两个与水有关的主要危害--的水文响应的主要驱动因素。通过工程和非工程措施，包括水坝、运河、河漫滩地带和各种规章，我们的社会能管理水资源，以确保清洁水的供应和提供防洪保护。

由于大部分水资源系统存在复杂性和高变异，因此，在变化的气候条件下来评估它们的响应是一项具有挑战性的任务。已经开发出来几种方法和工具来研究水资源系统的不同组成部分，包括地表径流、地下水流量和水质。然而，这些工具大多是单独应用的，很难用来评估该系统的整体行为。但是，已经开发了少数水资源综合模拟模型，可提供水资源系统的整体表达，包括与需求方和水量调度相关的系统。有些还包括对经济和政策分析特征的支持。

下面几节简要概述了水资源评估方法的几种类型。

图 4.5：水资源系统的概念表达



来源: UNFCCC，2005

4.3.6 评估水资源系统个别流程的方法

由于水资源系统的复杂性和广泛的物理和社会过程，因此利用工具分析和开发来模拟这些过程历来遵循不同的研究路线。因此，文献报道的许多水资源评价研究将重点放在一个或少数水资源子系统上，主要是有关物理过程。这些研究包括由于降雨和融雪模式、地下水储存量的改变对河流的影响分析，以及因温度升高引起的水质问题。气候变化框架公约（2005）对本类型气候变化影响研究所用的几个模型工具进行了很好地概述。虽然这些研究是相对简单和廉价的，但它们极少考虑水资源系统的管理和社会方面。

气候变化对水资源系统影响的综合评估方法

最近，在气候评估研究中越来越多地应用的方法是基于对水资源管理系统物理、管理和社会方面的整体综合模拟之上的。这种方法认为水资源管理不仅是一个供应问题，而且认为需求管理和经济效率均是重要的问题，这点需要考虑清楚。此外，其重点被放在政策和决策分析上。考虑到在综合环境中获取所有这些因素是具有挑战性的任务，已经成功实施了一些模型（阿萨夫等人，2008）。专栏 4.2 给出了常用水资源管理模型的清单。

专栏4.2：水资源管理模型清单

气候变化框架公约（2005）编制了水资源管理模型清单，如下所示：

- **WEAP**：水供给、需求管理和政策分析模型;
- **SWAT**：一个主要用于模拟农业活动的水平衡和作物生长模型;
- **HEC 套件**：一套能模拟流域系统不同组成的模型；
- **Aquarius**：一个重点放在经济效率上的优化模型；

主要的水资源系统模拟模型之一是水资源评价和规划（WEAP）模型。同大多数模拟模型相比，WEAP 明确表达了水需求和供水内容，并提供广泛的政策和经济分析工具。 WEAP21 应用于作为一个重大的气候变化影响评估的加利福尼亚州（珀基等人研究的授权原则的工具，2008）。

小结

气候变化对全球和地区水资源的影响，以及对各种用水部门的影响已经受到重视。本文概述了用来评估气候变化影响的框架，以支持适应规划，多数框架利用了大气环流模型，包括社会经济的情景。

5. 应对不确定性

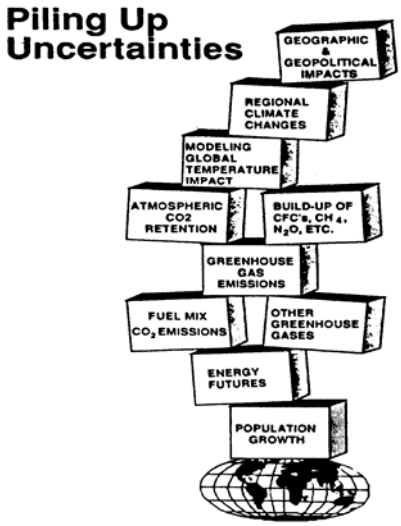
目标

本章向参与者介绍预测及适应各种气候变化预期影响过程中存在的不确定性。

5.1 不确定性与气候变化

可以确定的一点是：气候变化条件下，不确定性会增加。进行气候变化影响评估时，会遇到一“联串”的不确定性（Dessai 和 van der Sluijs，2007； 见图 5.1 及专栏 5.1）。例如，与未来排放的温室气候及含硫酸烟雾相关的不确定性，全球与地区范围内气候系统对这些变化反应的不确定性，与影响模型及影响空间时间分布相关的不确定性。因此气候变化影响，如温度、降雨、径流或高温天数的变化，在范围，时空分布上都有不确定性。模型或许可以生成相反表现（如一些推测显示更多降雨，另外一些却显示更少）。另外，为了解气候变化影响下现有脆弱程度进而查明适应性反应时也存在诸多不确定性。

图 5.1：气候变化可能的影响中的高度不确定性



专栏5.1：反馈

有一个因素使得气候科学更为复杂—并因此带来大范围的不确定性—是反馈的存在。气候系统中一个进程或事件会产生变化，并在一定时间影响最初的引发机制，这些气候系统不同部分会产生互动，反馈即指的这些互动。土地及海洋上的冰雪减少是一个例子。冰雪的白色表面可以折射多达90%的太阳辐射。这些辐射到达表面后反射回到空间，阻止其对大气的热作用。但冰雪融化时会暴露地面、植被、岩石或水体，后者颜色较暗，因此更容易吸收辐射，而非反射。因此，最初的融化的反馈反而是加快原来的进程。高北纬地区的永冻层的解冻也是一个可能的反馈。融化过程会释放大量二氧化碳和甲烷，后者之前是封存在冻土层下的。如果这些情况发生，会加速已经发生的变暖进程。海洋与陆地升温也是预期反馈。这种升温有可能减少大气二氧化碳的吸收量，增加留存在大气中的数量。这些都属于正面反馈，因为他们都强化了原始进程。另外一方面，负面反馈是指带来补偿性进程及减少变化本身的环境变化。

来源： UNEP，2009

5.2 环境管理中需应对的不确定性

处理环境问题时，会出现严重的不确定性及各种价值负荷，认识到这一点有助于制定新的科学办法。预警或后常规科学应对有不确定事实，价值争议，成本较高及需做出紧急决定的情况（Ravetz，2005）。而且，水资源管理做为一种措施，渐渐从有或多或少直接任务的实践（如保证一定质量与数量的水供应）转向有大量不确定性，价值负荷和各种政治及社会问题（如建筑大坝的争议，准确性不足的水文模型）的情况。这就了导致了各种政策缺乏事实基础，更多依赖指导原则，并表现为对各种特定利益的支持与保护。传统科学与工程驾驭这些互相冲突的价值。风险主要被做为一项政治任务，视为可能性及预期后果的函数（包括无处不在的不确定性），在与广大群众和利益相关者的政治对话中加以评估。这种对话为衡量承担特定等级（残留）风险，利用其中存在的机遇，如允许洪水多发区特定土地使用，提供了机会。以上对达成稳健的，整合减贫与民生安全的认识的适应政策的设计十分重要。

显然，以上经验也适应于应对气候变化在水资源管理中的影响。不确定性与风险可能是气候变化最重要的后果（Aerts 和 Droogers，2009）。如前一部分所说（第 4 章），各种气候变化假设在区域与当地规模上缺乏一致性及准确性。传统水资源管理基于历史气候及水文数据，假设天气及水系统表现是稳定的（Ludwig 和 Moench，2009）。气候变化时，针对易变性及极端情况的规划能否继续单一依赖历史数据是可疑的。过去的经验可能不能做为未来的可靠指南（Pahl-Wostl 等，2007）。

未来的挑战存在于水资源管理者对一定时空范围内气候预测水平提高的需求上。然而气候信息领域与水资源管理领域的合作框架的建立也同样重要，此举可以促进对各种信息需求和各领域使用方法的理解。应对未来不确定性也要有适应性更强，更为灵活的方法，更为迅速的形成适应循环，以便对新见解的影响进行快速评估与贯彻（Pahl-Wostl 等，2007）。适应性水资源管理旨在培养机构灵活性及发挥利益相关者的中心作用（参考 Aerts 和 Droogers，2009）。其目标在于增进应对不确定发展的适应能力，而非试图找到最佳解决办法（Pahl-Wostl 等，2007）。

5.3 不确定性的分类法

不确定性可从“确定知道”到“不知道”（Dessai 和 van der Sluijs，2007；见图 5.2）逐级分类。专栏 5.2 解释了不确定性的三级分类。

图 5.2 确定和完全无知之间的不确定等级

来源：Dessai 和 van der Sluijs，2007

专栏5.2：各种级别的不确定性

数据不确定性指的是可以用数据术语充分表达出来的不确定性，比如有相关联可能性的范围。例如，测量不准确的数据表达，因采样效果造成的不确定性，模型参数估计中的不确定性等。在自然科学中，科学家提及不确定性时，多指这种分类，并经常间接假设有关的模型关系能为研究中的真实系统提供充分描述，使用的标定数据对研究中的情况来说是有代表性的。然而情况并非如此，不确定性的‘深层’形式在此处起作用，在规模和严重性上都超过数据不确定性，需要充分关注。

情况不确定性与不能用机会或可能性充分描述的不确定性有关，但是也只能用可能的（一系列）结果来加以说明，而不可能用可能性或者信念程度来描述，这是因为对导出结果的机制还没有充分认识。情况不确定性通常用“如果……会怎样”这样的语句来解释。

认识到无知是指我们从某种程度上意识到其存在，但不能进行任何有用估计的不确定性，如因预测或探究能力局限（‘混沌’）或者因各种未知进程导致的。有一种方法可以在气候风险评估中使用这种不确定性，即通过各种意外情况。通常对于这些情况的合理性没有一致的科学的看法，尽管有一些科学证据的支持。加速上升的海平面，或者海洋温盐循环的停止的可能都是例证。

认识到无知之外，还有**完全无知**（“不知道的”“未知”），关于这一点，我们还不能谈及，并无可避免的在黑暗中摸索。

来源： Dessai 和 van der Sluijs，2007 来源： UNEP，2009

5.4 不确定背景下的气候变化适应

Dessai 和 van der Sluijs (2007) 提出了两种截然不同的气候变化适应办法：预测导向型和复原力导向型方法。第一种方法注重刻画、减少、管理和传达不确定性，并据此制造越来越复杂的模型工具和技术来描述未来气候及其影响。第二种方法认为有一些不确定性是不可削减的。强调的是向过去学习。这两种方法并不互相排斥，最好应被视为互补关系。以下是两种方法的一些实例。

5.4.1 预测导向型方法

IPCC 法

第 4 章中描述的 IPCC 影响评估办法举了一个预测导向型方法的例子，这个方法严重领域不确定信息，通过使用气候变化场景作为影响产生的动力，适应策略据此制定。

风险法

风险评估的宽泛定义是发现、评价、选择和实施行动以降低带给人类健康和生态系统的风险（Dessai 和 van der Sluijs，2007）的过程。

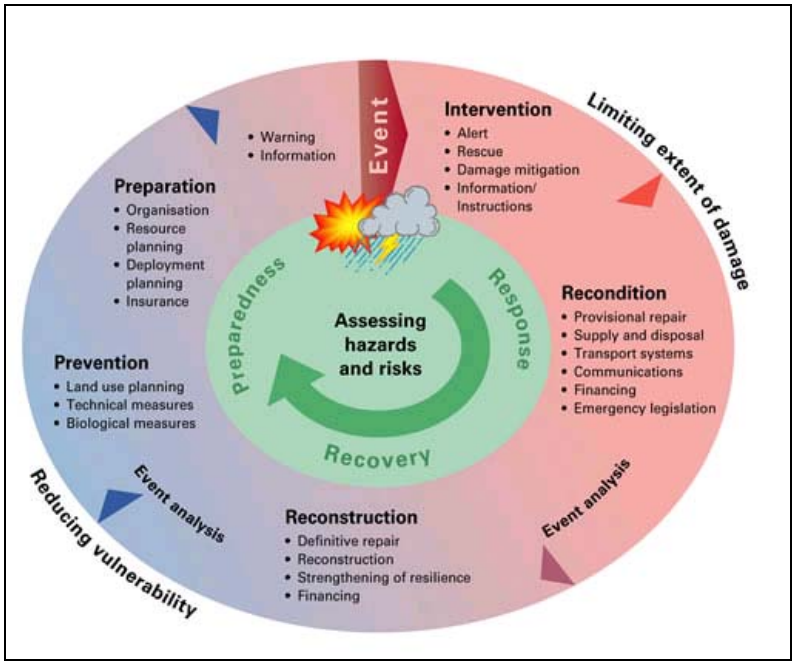
风险评估的核心是不确定性管理，这种管理允许确定某种事物的风险（风险以其最简单的形式，按照可能性乘以后果进行计算）。风险评估与风险管理已广泛应用于许多环境问题，但只是最近才用于气候变化。

Dessai 和 van der Sluijs（2007 年）提出了环境风险评估/风险管理框架，包括以下步骤：

1. 找出影响待评估暴光单位的关键气候变量；
2. 生成各种方案并/或重点气候变量预设范围；
3. 进行敏感性测试评估气候变化与影响的关系；
4. 找出影响阈值，分析其带给利益相关方的风险；
5. 进行风险分析；
6. 评估风险，查出可能会造成自动适应的反馈；并
7. 咨询利益相关方，分析提出的适应方法，推荐规划好的适应选项。

这个框架从概念上来说是简单的，但因为气候变化的复杂性，较难于实施。如 IPCC 方法，使用气候方案考虑不确定性，但这一风险办法并不完全是在方案基础上生成的。更依赖于利益相关方的参与和使用的关键影响阈值的定义。

图 5.3：风险综合管理



来源：PLANAT，n.d.

安全链，或风险生命周期概念来自美国，包括 4 个环节：1）减轻，2）准备，3）响应，和 4）复原（ten Brinke 等，2008）。在荷兰，这种风险管理办法得到采用，并轻微调整：减轻环节被两个有区别的环节所取代：支持行动和预防。这就将空间规划中的风险削减措施（支持行动）和筑坝及风暴浪屏障这样的措施区别开。用于此方法的各环节的定义列在表 5.1 中。瑞士也使用了相似的方法，名称是“风险综合管理”（图 5.3）。

表 5.1：安全链条中连续各环节的定义

	环节	定义
风险管理	支持行动	去除事故和灾难的结构性原因，在第一时间阻止其发生（如在洪水易发区建造各种防御工事）
	预防	提前采取措施，防止事故与灾难发生，并限制各种影响，以防此类事件确实发生（如通过建造堤坝和风暴浪屏障）
危险管理	准备	采取措施保证在事故和灾难发生情况下有充足准备
	响应	实际处理事故和灾难（如响应小组）
	恢复	所有活动都能促进从事故和灾难后果中快速恢复并保证所有受影响事物都能回复到正常状态，再次达到平衡。

来源：ten Brinke 等，2008

综合评估

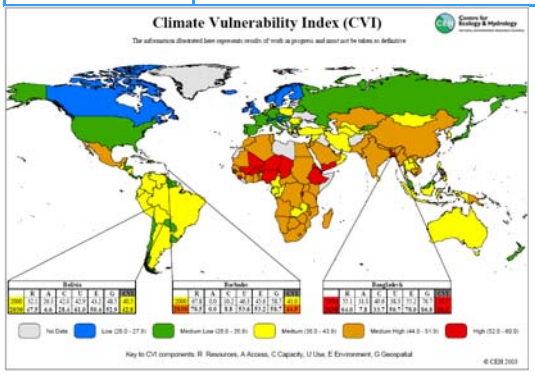
气候变化的特点是会对不同部门产生许多不同的影响。形成一个设计精良的方针有必要对所有影响及其不确定性有彻底全面的总结。可以通过制作模型，整合所有影响（及不确定性）来实现。综合评估可以解决跨学科或交叉学科上产生的实际问题，有助于理解复杂的现象。在风险管理中，综合评估可以成为或形成风险评估、响应评估、目标和策略制定、实施、评价和监测的中心部分（Toth 和 Hizsnyik，1998）。已经研究出的各种方法如环境脆弱性指标、社会脆弱性指标和洪水脆弱性指标（网站见

文后）。Sullivan 和 Meigh (2005) 引进了气候脆弱性指标（CVI），有助于确定在气候变化影响中风险最大的人类群体（见专栏 5.4）。

专栏 5.4：气候脆弱性指标（CVI）

CVI 以一个包括了许多问题的框架为基础，是水资源评价的整体性研究办法，与许多捐助组织评估发展进程时使用的可持续生活办法一致。指数记分范围是 0-100，总分是六个组件得分的加权平均数。每个组件记分范围也是 0-100。六个主要类别或者组件如下所示。

CVI 组件	小组件/变量
资源 (R)	③ 地表水与地下水可获性评估 ③ 水存储能力与资源可靠性评估 ③ 水质和进口水和脱盐水依赖性评估
接近 (A)	③ 能接近清洁水源与卫生 ③ 能享有随气候特点调整的灌溉条件
能力(C)	③ 耐用消费品支出，或收入 ③ GDP做为GNP的一部分，水利投资占总固定资本投资的百分比 ③ 人口教育水平和五岁以下死亡率 ③ 具备灾难预警系统和市政机构的实力 ③ 生活在非正式住房中的人口比例 ③ 在洪水或其它灾难中安全地点的接近程度
使用(U)	③ 与国家或其它标准相关的居民用水消费比率 ③ 与GDP贡献相关的农业和工业用水
环境(E)	③ 牲畜和人类密度 ③ 栖息地损失 ③ 洪水频率
地理空间 (G)	③ 受海平面上升、潮水波浪，或滑坡影响的土地范围 ③ 与其它水资源和/或食物来源隔绝程度 ③ 去林化、沙漠化和/或土壤侵蚀率 ③ 自然植被土地转化程度 ③ 冰消作用和冰湖溃决风险



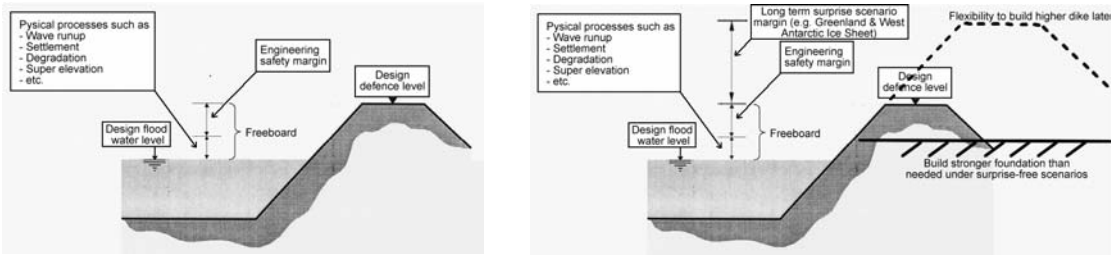
来源： Dessai 和 van der Sluijs，2007 来源： UNEP，2009

5.4.2 复原力导向型方法

工程安全边际和预期设计

设计堤坝时，做为惯例，工程安全边际要高于设计洪水水位，用于补偿设计水位处未能预见的物理过程（如被波浪淹没）和设计洪水水位预测中的不确定性（如洪水估计的准确性（图 5.4）。这些安全边际主要是用于解释数据不确定性与未知无知；方案不确定性只能用设计洪水加以解释。基于观测易变性的安全边际未必是应对已知无知的好办法，如高影响力事件和可能意外事件（如格陵兰岛冰层和西北冰洋出现的的海平面加速上升）的未知可能性。因此需要描绘出未知情况——过去的经验可能不再能够做为决策的坚实基础，尤其是在各种变化超越自然易变性范围情况下。

图 5.4：堤坝（a）工程安全边际和灵活性设计，预期设想意外事件（b）



来源： *Dessai 和 van der Sluijs，2007*

设计堤坝时考虑“已知无知”型不确定性的一个创新方法是预期设计。“无意外”方案可以用于选择设计洪水水位。与海平面大幅上升可能性相关的不确定性可以通过建造足够坚强的坝基包含在设计中，这个坝基所载坝体能够承受与设计洪水水位上限，但堤坝建筑时还是使用设计洪水水位。这就增加了灵活性：如有需要可以以较低成本建筑更高的堤坝（图 5.4b）。同样，可以保护堤坝抵御侵蚀，在适当处承担过分负载。这就产生了一种情况：极端事件发生时，流入洪泛区的水可以大幅减少。理想情况下，这样的措施应该成为风险综合管理的一部分，能够确定淹没的最理想位置，进而调整这些地区堤坝后的土地使用状况，维护早期预警及应急响应系统，而且可在这些地区考虑使用保险和防洪选择。

小结

本部分简单介绍了应对气候变化时增加不确定性的各个方面，及这一点如何被纳入环境管理办法中。预测及复原导向型方法是气候变化适应的两个不同选择。并分别举例加以说明。

脆弱性指标相关网站

- 气候脆弱性指标： http://ocwr.ouce.ox.ac.uk/research/wmpg/cvi/
- 环境脆弱性指标： www.vulnerabilityindex.net
- 洪水脆弱性指标： www.unesco-ihe-fvi.org
- 社会脆弱性指标： http://webra.cas.sc.edu/hvri

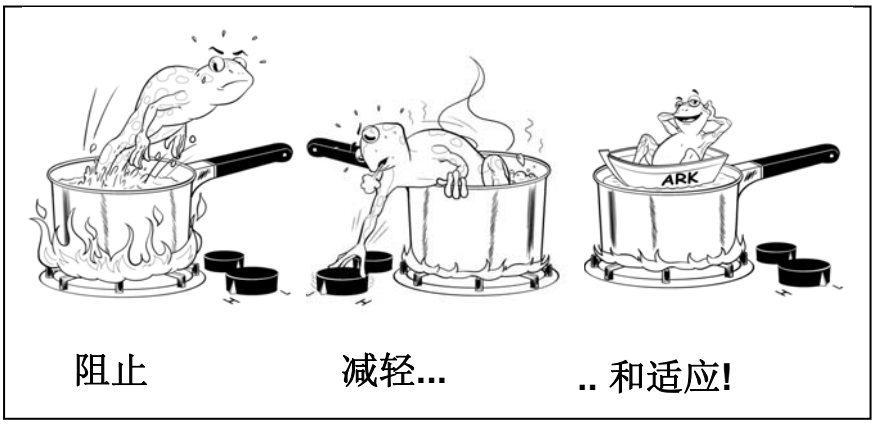
6. 适应性工具和措施

目标

本部分的目标是让参与者熟悉针对若干预设气候变化影响的适应性措施的范围，并讨论这些措施在给定气候及社会经济环境下的适应性指标。

6.1 介绍

水资源管理人员常规活动包括在多个（通常进行竞争）的用水者之间分配水资源，尽量降低风险，及适应变化的情况：如因季节性影响或者人口增长带来的水储备水平和需水量变化。几十年来已经应用了许多适应性技术，包括能力拓展（如建新水库），改变现存供水系统操作规则，管理用水需求及变化的机构惯例等。在这种情况下，历史气候及水文记录可作为决定可靠的水获取量信息及洪水和干旱风险评估的基础。这些研究的根据假设：气候和水文变量的数据属性（如平均数及标准差）在一段时间内保持恒定。气候变化的到来意味着主要气候和水文变量会产生变化，水需求也会发生变化。气候变化带来的影响可能是非线性的，会给现在使用中的供水系统内置设计及现存水资源管理策略带来意外的挑战（Kabat 和 van Schaik，2003）。



6.2 适应性措施

对气候变化的预测可能在一段时间内还有争论；然而越来越多的气候易变性的证据却是不容争辩的，并且这种易变性的严重程度应该引起水资源管理者的紧急响应。气候变化论可以肯定的是应对气候易变性的适应性选择现在有助于减少未来气候变化的影响。这些措施包括水管理基础设施中的传统技术因素——如贮水池、钻井、补给井和沙井等——各项技术的重点在于增加现在水资源的取用量（*雨水收集*、*水循环重复利用*、*去盐化*）。适应性措施极大受益于预报及气候模型技术的改进，强调了对加强数据收集主动性需求。（许多发展中国家的水文站因为缺少投资，已失去这方面的功能）。风险共担及受影响家庭贷款通道等金融机制是为了响应洪水及干旱灾害而设置的。从结构层面来看，也可以考虑用地模式变化、作物选择及耕作方式。

你注意到你所在地区有没有运用任何一种综合评估办法？哪种更合适，只关注洪水或干旱，或二者皆有？

6.2.1 相关气候变化适应性措施的分类及总结

根据 IPCC（IPCC，2007c: 869），*适应*可被定义为“自然或*人类系统*对实际或者预期气候刺激或影响的反应，中和调节有害影响或者发掘有益机会”。这一术语指过程、实践或者结构中的变化，用于中和或抵消潜在损害或者利用与气候变化相关联的机会。涉及到减少社区、地区或者活动受气候变化或易变性侵害的调整行动。因此有别于*减灾*，此词定义为“为减少人类对*气候系统*的强迫影响而进行的*人为*干预；包括减少*温室气体来源*及排放策略及改进*温室气体汇*”（(IPCC，2007c: 878）。

适应行为并非新近产物（见专栏 6.1），且适应措施大多数都是自然的采用，取决于个体需求和社会特定领域的能力——被称为*自动*适应。在另一方面，*计划性*适应是在对情况已经或即将有觉醒的基础上作出的决定（UNFCCC，2006）。

你听说过全新的适应措施与方法吗？在讨论气候变化措施之前，你认为我们目前在气候易变情况下所做的工作足够吗（如发展中国家在建立洪水及干旱早期预警系统方面）？有什么影响？

专栏6.1：适应并非新事物！

抬高的河床及秘鲁的 *waru waru* 种植法。此技术对土壤表面进行改造，促进水的流动及储存，并增加土壤有机成分，增进土壤种植适宜性。此技术综合了边际土壤修复，排水系统改进，可用放射能量最优化利用及霜冻减轻等措施。这个以促进灌溉为目的土壤管理系统，首创于公元前 300 年，印加帝国崛起之前。更为先进的灌溉技术发明后，这项技术即被废弃。
来源：UNEP（1997）

来源：Dessai 和 van der Sluijs，2007 来源：UNEP，2009

现在有各种不同的方式对适应选项进行分类（UNFCCC，2006）。适应行为分为**反应型**与**预期型**。第一种是在气候变化发生后出现，而第二种则是在影响显现出来之前采取。表 6.1（UNFCCC，2007a）列出了反应型及预期型部门适应选项概况，这些选项是各发展中国家与 UNFCCC 交流过程中提供的。

表 6.1：发展中国家联络中突出的重点脆弱领域适应措施

脆弱部门	预期适应	反应适应
水资源	● 更好的使用循环水 ● 贮水池维护 ● 改进水资源管理系统 ● 水利政策改革（定价、灌溉政策） ● 洪水控制、干旱监测	● 保护地下水资源 ● 改进水供应系统的管理/维护 ● 保护贮水池 ● 改进水供应情况 ● 地下水及雨水收集，去盐化
农业和粮食安全	● 研发耐性/抗性作物 ● 研究与开发 ● 盐水管理 ● 粮食/种植作物多样化/集约化 ● 政策措施（税收刺激、补助、自由市场） ● 早期预警系统	● 侵蚀控制 ● 灌溉用坝 ● 化肥使用与运用 ● 引进新作物 ● 土壤肥力维持 ● 种植与收获次数 ● 不同的品种 ● 水土保持与管理方面的教育和推广
人体健康	● 早期预警系统 ● 改进疾病/病菌监控监测 ● 改进环境质量	● 公众健康管理改革 ● 改善住房/生活条件 ● 改进应急响应系统

	• 城市/住房设计的改变	
土地生态系统	• 建立公园/保护区，保护区域，生物多样性走廊 • 辨别/开发抗性物种 • 生态系统脆弱性评估 • 物种监测 • 开发/维护种子库 • 包括管理政策的社会经济方面	• 改进包括伐林、植树造林、退耕还林在内的管理系统 • 推进农林业 • 国家森林防火管理计划 • 森林碳存储
沿海区域和海洋生态系统	• 海岸区综合管理 • 海岸规范与分区 • 海岸保护立法 • 海岸与海岸生态系统研究与监测	• 经济基础设施保护 • 公众保护海岸和海洋生态系统的意识 • 筑造海堤、沙滩加固工事 • 保护保护红树林，珊瑚礁，海草和沿岸植被

来源：改编自 UNFCCC，2007a

采取适应行为的系统也可以分为：**自然**或**人类**系统。在人类系统中，区分出*公众*（各级政府）与*私人*（个别家庭、商业公司）利益（表 6.2）.

表 6.2：以下矩阵为常见五种气候变化适应 行为，包括适应举例

		预期型	反应型
自然系统			种植季节长度变化 生态系统构成变化 湿地迁移
人类系统	**私人**	购买保险 建造房屋支柱 重新设计石油钻塔	农业实践变化 保险金变化 购买空调
	公众	日期预警系统 新的建筑准则、设计标准 搬迁动力	补偿性支付、补助 执行建筑准则 沙滩保养

来源：Klein，1998 和 Smit 等 2001，发表于 UNFCCC，2006

最后，适应行为技术可以分为软技术与硬技术（UNFCCC，2006）。软技术包括保险、作物轮植和退步区，以及信息与知识。硬技术可包括海堤、抗旱种子和灌溉技术。在许多情况下，成功的适应会包括软硬技术的融合。UNFCCC(2006)将这些技术进一步分为传统、现代、高和未来技术。

社会能否依靠自动适应来应对预期的气候变化和越来越强的多变性，这一点是可疑的。所以广泛认为需要有预期规划的适应，可以采取以下形式（Klein 和 Tol，1997，Huq 和 Klein，2003，发表于 UNFCCC，2006）：

1. 增强抗御气候变化影响的能力（如增强堤坝）；
2. 增加人类管理的脆弱系统的灵活性（如改变管理实践）；
3. 提高脆弱自然系统的适应性（如减少其它压力）；
4. 提供公共意识及准备（如早期预警系统）；
5. 逆转脆弱性增加的趋势（如减少人类在脆弱区域的活动，保护有降低脆弱性的自然系统）。

以及 Kabat 和 van Schaik (2003)根据以下类型对适应选项进行了分类总结（表 6.3a－c）：

- 稳健的政策；
- 技术和结构措施；
- 风险分担与分散。

稳健的政策

几个世纪以来，社会和生态系统已经适应于进化式的气候变异与气候变化。今天水文状况发生着快速的变化，要求有更及时更一致的投入。各种政策和运行规则专注于最大限度利用可用水资源，这种情况应该进行调整。海平面上升，自然湖泊萎缩以及沙漠化都迫使用地和人们的生活发生变化。漫滩越来越容易受到极端事件的影响意味着政府不得不考虑更为严格范围更广的规划，作为应对气候变化的选择。搬迁既不受欢迎也不理想，但当一个地方的风险大到开始超过可见利益并因此不为社会所接受时，搬迁也最终变得不可避免。

与适应规划有直接联系且被视为适用的政策相关概念与过程包括水资源综合管理（GWP，2000），洪水综合管理（WMO,2004），和沿岸地区综合管理（UN，1992）。所有这些概念本质上都是适应性的，且考虑到了在广阔地域开发使用的管理选项。国际水利政策制定过程的观察者注意到特定的问题会“骤然”出现并在一段时间内主导议程，大部分是当时的一些事件引起的，如洪水、干旱、粮食价格、生物燃料等。必须注意到的一点是以这些事件为背景制定的政策生存期是非常有限的。如果，如在极端洪水事件基础上，漫滩的使用受到严重限制或者搬迁进行时不考虑漫滩区的利益，这类政策可能会对粮食和人民生活与安全造成负面影响。同样，如果生态系统保护或者污染控制中制定目标短浅的政策，会阻碍对水资源开发进行必要投资，通常在气候变异与变化时对水可获性产生意想不到的影响，而且对粮食与人民生活也会造成负面影响。因此稳健的政策应该基于宽广的目标和水资源综合管理、洪水综合管理和海岸区管理的原则。这些概念提出的诸多过程为调节不同的利益与竞争性的用水需求提供了新的办法 。

因此，任何应对策略的基本方面必须重视气候问题在国家水资源管理政策的中心地位。实施这些政策需要有法律与制度框架，以便使各利益相关方参与过各程，根据协商过的权利、权力和义务方案管理资源。表 6.3a 是可供使用的资源工具的总结。

表 6.3a：适应政策工具概览

国际性	**国家性**
国际气候变化公约（UNFCCC）； 国际贸易（尤其是WTO） 污染者支付原则影响ODA/基金。	国家扶贫政策； 国家战略利益； 国家水利政策和水资源综合管理计划； 国家适应行动计划； 灾难管理政策； 国家干旱准备和减灾计划； 经济工具和水资源市场； 风险管理发展计划中的交叉剪接； 流域管理当局功能增强； 流域综合管理； 非水利规划，如市区，安全地带； 适应空间规划与搬迁； 民生多样化（尤其是气候高度依赖部门，如雨水灌溉农业）。
地区性	
地区适应行动计划； 水资源综合管理地区战略行动计划； 跨边境计划和州际合作； 非正式国家间合作 地区性机构。	

来源：改编自 Kabat 和 van Schaik，2003

技术和结构措施

表 6.3b 所列应对选择可能看起来像水资源管理基础设施和操作技术目录。确实，或许除了结构、质量与季节性或者年际气候预测等气候信息产品分辨率之外，应对气候变化并不涉及许多全新的程序或技术。然而应澄清的是，并非“一切照旧”。可能需要加快引进现有工具、办法和措施，以不同规模应用于不同地方、不同的社会经济环境，并采用新的组合形式。

例如，如果我们预料到欧洲会发生越来越多的暴洪，可以吸取有应对高频率暴洪的几十年的经验的一些国家的策略、方法和技术，加快适应进程。但这一转变不会是快速或者顺利的。过去一些地区经历过气候条件变化，现在其它很多地区也在经历相同情况，前者水利领域应用过各种适应解决办法，这一点应该成为适应规划的驱动原理。

表 6.3b：技术和结构适应选择概览

存储与再循环	**早期预警系统**
大型水库； 小型水库； 地下水 人工回灌； 钻孔； 沙坝； 净化/廊井； 相关选项 系统维护； 供应泄漏控制； 灌溉设备维护； 灌溉渠泄漏； 雨水收集； 水重复利用/循环利用； 去盐化。	接近实时（数小时到数天）； 短期（数天到数周） 中期（一个月到一季度）； 长期（数年到几十年）； 与终端用户交流预报内容。
突发洪水/风暴控制	**操作/系统改进**
结构（堤防，堤防，改道，*蓄滞洪区*）； 预防性操作。	水库运行规则； 综合、优化水库系统； 翻新现有结构； 灌溉安排； 水资源需求管理； 当地应对策略； 人工增雨； 土壤保持与耕作方式； 多样作物。

来源：改编自 Kabat 和 van Schaik，2003

这也就意味着要在非常不同的水文环境下审视现存的操作方式。流域基础设施以及新的土木工程，如易遭受风险地区的灾害避难所，对于防御、减少与水相关灾害的影响十分必要。改进现有基础设施，如道路、排水沟、天然水塘和湖泊、堤坝和水库及像陡坡土壤保持及水库沉淀物控制等程序，这些都是实际的做法。然而正确运行与维护的技能及实施时用到的金融手段也同样重要。

不增加存储量我们可以应对越来越多的变化吗？现存存储设施的作用是什么？根据这些设施的维护与安全状况，我们应怎样对其进行评级？

就具体管理措施而言，通常利用水库在各种条件及不确定性下进行水资源管理的机制是最为稳健、适应性强和可靠的。然而非结构性措施的其它组合（如需求管理、农业保护措施、价格制定、规范、迁移）也能在总体水供应量方面产生相对来说好的效果，但在系统可靠性上却未必。方案的选择选择取决与社会风险承担能力及对资源稀缺的认识，以及问题的复杂程度。

气候变化和易变性带来了不确定性，应对这些不确定性的可能性有多少，无论从

策略数量上来说还是包含策略的管理措施组合，没有唯一“最好”的策略。每个策略取决于各种因素，如经济效率、风险削减、稳健程度、适应性或可靠性。然而适应策略应通过水资源综合管理和洪水综合管理这样的跨部门参与政策过程进行开发、执行和监测。只有成功的这样做了，水资源管理与规划领域的适应性措施才能有机会成为在社会上公平的、经济上高效的、环境上可持续的解决办法。而且，需要采用这样的过程使适应策略对气候变化减缓计划的反作用带来的风险降到最小。

水文规律发生了变化。气象和水文数据的持续更新评估需要成为水资源规划与管理的一部分。气候学及水文学研究领域需做出持续努力，消化这些数据，并将其转化为对适应规划足够有用的分析结果。

风险分担与分散

灾难保险是长期在大数目人群中划分风险和损失的传统方式（表 6.3c）.自然灾害的赔付通常是大额的，且与任何单一中小规模保险公司所能承受的赔付额相比高出许多。因此，再保险市场就较为活跃。针对主要基础设施的保费成本会相当高，许多政府不参与投保险，相反它们会选择替换部分损失的成本，而这些损失必定要从它们的资本预算中扣除。如果替换行为长期成本比保险费一直要低的话，这是合理的方式——对社会来说，这种做法是依靠政府投资来进行替换。但是当灾难规模超过了一个经济体运用国家现有预算承受灾难成本的能力，就会产生大的问题。气候相关的风险是不可避免且很可能继续增多，认识到这一点，在风险分担与分散中就应让保险机制发挥作用。

表 6.3c：风险分担与分散选项概览

保险	金融
基本保险人； 再保险； 微型保险。	开发银行； 私人； 小额资金贷方。

来源：改编自 Kabat 和 van Schaik，2003

6.3 适应重点主题

以下部分选取若干例子用于说明一系列的适应重点，这些适应重点可根据具体的国家或地区预期影响进行选取。

适应重点 1：水资源综合开发与管理

尽管水资源综合管理需要体制强化，给诸多发展国家带来挑战，但它仍被公认为优化各种用途水可获性的最有效方式。水资源综合管理及在流域综合管理方向的扩展增强了应对降雨量及河流水流变化的灵活性（Kabat 和 van Schaik，2003）。
农业及灌溉技术使得养活在过去一个世纪增长了三倍的人口成为可能。从消极方面看，许多水资源管理体制及政策并未合理制定，无法应对现代水资源管理模式，这种模式要求在不确定情况下对水资源进行可持续的管理。水资源综合管理实施并投入实践运用的程度取决于各个国家相应国家机构的应对能力。

解决水资源稀缺有环境变化问题最简单的答案就是通过提高灌溉效率来增加水体的产出效率。

适应重点 2：洪水综合治理

洪水管理环境下的适应措施应包括结构和非结构措施的最佳结合，目标在于将洪水中生命损失减至最少，并将从漫滩中获得的净利益最大化（WMO，2004）。这个方法也称为洪水综合治理或水资源综合管理环境下的洪水治理。

- 结构措施包括建筑大坝，堤防，引水渠道，蓄滞洪区，防洪减灾工事等。
- 非结构措施包括洪水预警系统，空间规划，源头控制，应急准备和响应程序，保险，洪水风险意识方案等。

近年来，一些国家研究适应策略来应对更为极端的洪水事件。这些策略的第一步首先是针对气候变量观测及设想到的变化，以及这些变化对具体国家水资源产生的预期影响，进行细致的科学评估。各个策略总体遵循预警及风险管理的原则。一些国家考虑通过加入设计因素或者规定限额来应对预期的河流水量、海平面高度、波浪活动等变化，从而调整洪水防御工事。另外一些国家则推荐使用更为多样化的方法，使用多种措施结合的方法达到在有极端事件发生情况下允许洪水淹没防御工事却不牺牲其结构完整性，同时通过空间规划、应急准备和响应程序及洪水保险来使残余洪水风险降低到最小。

河流洪水、骤发洪水或潮汐洪水：洪水预警系统被视为气候差异和气候变化条件下保护生命和财产的基准系统。许多国家缺乏在该领域的实际操作能力，并且气候变化促使预警系统的建立与改进被放在首要位置。此类系统可被视为“无悔”适应选项的一部分，也就是说它们的建立在气候变化情境下及不变化情境下都是有利的。

洪水预报需要包括洪水所有阶段和方面，如降雨量和海滨潮位（气象预报），河流和漫滩水位（水文预报）和一些如对农业及基础设施（经济或影响预测）等的预测。长期水文预报通常会提前一个月或更早进行。这些措施只能大概指示洪水风险是否增加，以及预测的洪水是否是平均水平、平均以下或平均以上洪量。这一信息对半干旱地区的水库运行则有巨大价值。这些水文预测在很大程度上取决于季节性时间段的天气及气候预报准确性。中期水文预报提前一个星期左右发布，应针对洪水情况做出更为准确的估计。这些预报主要取决于上游流域降水预报及相关信息，以及附加短期气候信息的质量，也取决于用于计算径流和河道流量的分布式水文模型。最后，短期水文预报要提前几天进行，专注于上游流域河流水位和泛滥区域的宽度和深度。这一预报来自于对上游流域降雨量和河流流量的实时观察，并与水文模型和水力模型相结合。以上两类模型用于计算或估计泛滥地区河流水位和水量储存情况。（Kabat 和 van Schaik，2003）。

适应重点 3： 旱灾准备与减旱

应对旱灾风险现有传统（本土）手段与技术手段。任何技术性干旱管理措施都需要中（季节性）到长期（年度到十年）气候预报，并且与之相适应的模型工具。进而对所得信息进行解释，发出早期预警，建立响应机制。

供应性的干旱保护措施包括以下方面：

- 应通过开采当地地表水与地下水增加水供应。然而，大量采用地下水进行干旱管理不是可持续的补救办法。
- 如果社会经济条件及环境条件允许，可以进行从地表水资源（河流与湖泊）和地下水的转移。

- 可以增加水存储量。尽管存在抽水成本，因为蒸发损失会减少，地下水库水存储（含水土层）可获得情况下比地表水存储更为有利。

近年来，抗击干旱的行动计划越来越多的从通过满足水资源需求量的供应方管理转变为有限和稀缺淡水资源需求方高效管理。

可能的需求方措施包括：

- 改进土地使用实践；
- 流域管理；
- 雨水/径流存储；
- 循环水（例如使用处理过的市政废水用于灌溉）；
- 在竞争性需求间研究水资源分配策略；
- 减少浪费；
- 通过减少未列入计划水量改进水保护现状；及
- 水价制定和补助。

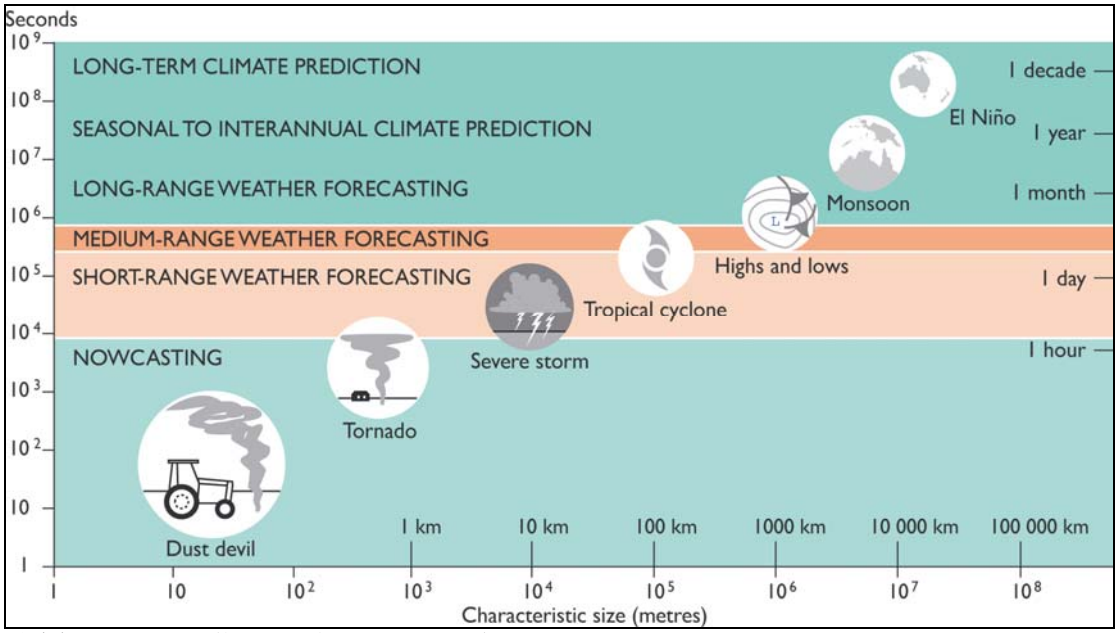
偶发干旱规划应考虑全面，包括：

- 限制水使用；
- 配额计划；
- 特别水税；及
- 减少低价用水，如农业用水（Kabat 等，2003）。

适应重点 4：天气和气候信息

气候预测及天气预报是制定应对策略过程中的重要因素。气象工作者在跟踪和预报与旋风与台风相关的极端天气方面不断进步，在几天或几周内的的预报都能达到合理准确。对厄尔尼诺/拉尼娜现象以及其它气候异常情况更加深入的了解意味着对特定地区季节性气候变化的预测更具准确性。在这个背景下，区域气候展望论坛（RCOF）在雨季开始前促成一致的气候展望方面起到作用，支持各部门的气候适应工作。

表 6.1：天气和气候信息产品及其相应的空间和时间尺度



改编自J.W.，Zillman 的WMO公告48（2），1999年4月

表 6.1 展现了从临近预报到气候预测范围内在典型的空间与时间尺度上的天气和气候信息产品。加强天气和气候信息产品的提供被视为环境多变性适应的一项必备工具，并在长期范围内服务于气候变化。对气候和天气信息产品进行投资应优先考虑，因为在任何气候变化情境下，其产生的益处是直接且实际的。

适应重点 5：生态系统维持

政府一级制定保护自然生态系统免受气候变化负面影响的政策时应特别注意。有效的反应取决于对地区性气候变化和生态系统的了解。对这些变化的监测对调整管理实践来说是必需的，可以被视为“无悔”选择。现有知识表明未经缓和的气候变化对生态系统的影响可能是灾难性的，史无前例的，生态系统适应措施只对于低级气候变化有效。在气候变化状态下，保护和保持自然生态系统现有政策也可能是有用的。减少目前对自然生态系统的压力，如生境破碎及破坏、过分开采、污染和引入外源物种，可以为各种生态系统提供一些时间与空间在特定的范围内进行调整，因此应被看作适应措施。

一些保护自然生态系统的适应措施（GWSP，2005）：

- 保护野生生物多样性：加强保护区网络；
- 可持续性地提良传统农业，以保护森林和湿地；
- 保护海洋生态系统；
- 保护海岸带；及
- 保护淡水湿地。

生态系统服务，如水净化，民生准备（特别是在维持生计环境下），或减洪方面可能受到气候变化负面影响；但是气候变化对这些服务的影响取决于现行研究成果，且随着气候的变化会产生各种意外情况。IPCC AR4（Fischlin 等，2007）指出旱地、山地和地中海区域的生态系统可能最为脆弱。水资源综合管理过程，基于所有利益相关方的参与，环境和生态可持续性的原则有整合重要地面和海洋生态系统命运的潜力，以此在气候变化条件下为未来后代提供生命支持。

小结

适应措施的最佳组合与次序应做为风险评估过程的一部分。“无悔”及“低后悔”选择即使在气候变化情景下也能带来益处，为首选选择。适应挑战不只是技术上的挑战，同时也是对广大利益相关者的参与有强烈需求的社会过程。适应选择的设计须与当地情况高度相关，且考虑到当地资源未来的情况中的各种重大不确定性。

推荐阅读

CPWC（2009）环境基础设施。水资源与气候变化适应观察文件。水资源与气候合作项目 (CPWC)：Den Haag，荷兰
http://www.waterandclimate.org/index.php?id=5thWorldWaterForumpublications810

CPWC （2009） IWRM 和 SEA.水资源与气候变化适应观察文件

CPWC （2009）生产足够粮食. 水资源与气候变化适应观察文件

CPWC （2009）水产业. 水资源与气候变化适应观察文件

CPWC （2009） WASH 服务交付. 水资源与气候变化适应观察文件

7. 适应水资源管理中的气候变化

目标

针对气候变化所做的调整可以被整合到各种层次的水资源管理中，该部分的目的是使参与者熟悉该方法。

7.1 介绍

因为水质和水资源可利用量主要受气候变化现象的影响，如严重的干旱、洪水，因此需要改变利用和管理水的方法。问题是怎样进行这项改变？

水资源综合管理是为了确保社会得到充足的水资源，即充足的生产性用水，并保护水环境功能。水资源管理在所有的三个层次上都受到了气候变化现象的挑战，在制定管理策略时需要加以考虑。

为此，需要将应对气候变化整合到水资源管理计划中。

7.2 水资源综合管理作用是什么？

管理措施应是可行的、有效的和可接受的（GWP n.d.）。水资源综合管理中针对气候变化的调整措施应是更广泛的调整策略的一部分，符合可持续性水资源管理的大背景。发展方针应按照新的气候变化进行审视，并且需要评估这些方针是否有效。在地方和国家两级层面上，应对或适应气候变化的能力应写入水资源综合管理计划中。正如全球水伙伴组织所说："对于国家来说，为了加强适应未来气候变化的能力，最好的方法是提升现今气候变化的应对能力。"换句话说，改进我们今天利用和管理水的方式将会让我们更轻松地应对未来的挑战（专栏 7.1）。

专栏 7.1: 为什么应对气候变化在水资源管理中非常重要？

- 气候变化对淡水系统和淡水管理产生影响的主要原因是检测和预测的温度、蒸发量、海平面和降水量变率的上升。
- 居住在重点河流区域的人口数量估计将会大幅度增加（2050 年将会是 1995 年的 3 到 5 倍）。
- 在半干旱和干旱区域，气候变化将会对淡水产生显著影响。
- 较高的水温、增加的降雨强度和较长的枯水期将会导致更多的污染，并对生态系统、人体健康、水系统可靠性和运行成本产生更大的影响。
- 气候变化将影响现有水利基础设施的功能和运转，以及水资源管理方式。
- 一些国家和地区认识到预测水文变化的不确定性，水利部门的调节步骤和风险管理正处于发展中。
- 气候变化对淡水系统的负面影响超过了它带来的益处。

(来源: IPCC，2007)

对水资源可用性和管理产生直接影响的变化是什么？在数量上，预计降雨量将会增加或减少 20%。同时，将发生更严重、更频繁的水灾和旱灾。这些变化将对人们使用和管理水资源的方式产生直接影响。

在受到洪灾的农村地区，水资源管理能为解决紧迫问题做出什么贡献？

水资源管理中的适应策略需要将软（制度）硬（基础设施）措施结合（参见第六章）。三个主要的挑战是：

- 建立强有力的组织，可以策略性地、有效地对不断变化的情况做出响应；

- 根据预测而不是历史数据做出决策；
- 确保充足的资金。

7.3 合理的管理措施

为了应对挑战，可以采取哪些措施？

水分亏缺的形势

水分亏缺用特定时期内水的流失量与获得量之比表示，在北美洲大部分地区、非洲南部、中亚、西亚、印度次大陆、中国北方、蒙古、墨西哥、中美洲北部区域、南非西海岸地区、阿根廷和巴西的某些地区和泰国南部地区较为严重（IPCC 2007a，UNDP 2007）。持续的降雨亏缺和增加的用水需求可能会加大水分亏缺。在测算水分亏缺时，并非全面地记录数据，它没有考虑气候变化。从与气候有关的水资源短缺来看，最脆弱的区域是半干旱和低收入国家，这些国家降雨量年际变化大，且为季节性集中降雨。在这些区域内，那些依赖降水、地表径流和水体补给获得水供给的人们更容易受到影响。

为提高可用水资源量，调节干预包括以下方法：

- 减少水资源浪费；
- 提高农业生产率——“利用每滴水获得更高的产量”；
- 节约家庭用水。

实现上述目标的途径包括：

- 水价（有争议；可能影响贫困人口用水）；
- 在季节性的水资源短缺时期进行水资源定量配给；
- 改进工业和农业生产，减少水资源浪费；
- 增加对地表径流的拦截和储存；
- 水处理后重复和循环使用；
- 淡化盐水或咸水（成本高昂）；
- 充分利用地下水资源（风险：淤积）
- 收集雨水。

有水质风险的环境

气候变化对水质产生影响。暴雨和洪灾的发生频率和严重程度日益增加，对水分配体系产生不利影响。强降雨的发生频率不断增加，可能会使不合理的城市排水系统陷于瘫痪（参见第二章）。在湖泊和水库，人为的气候变暖导致水温上升，并对水的化学成分产生影响，最终会对水质产生影响。河流水温升高，减少了氧气含量，并因此降低了河流的自净能力。降雨量的增加可能导致更多的营养物、病原菌和毒素被冲入水体中。

调整措施将着力于消除气候变化对水质的影响，例如高温导致的赤潮，或者高强度降水导致的污染。

合理的措施：

- 改进排水系统；
- 升级或 使水处理标准化；
- 加强监测；
- 在强降雨季节采取特殊措施。

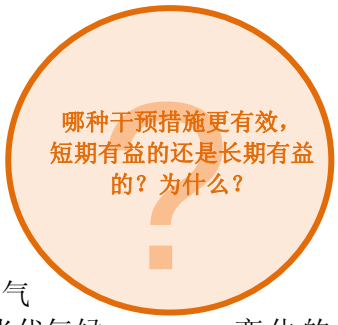
水调节需要将行之有效的办法和长远措施相结合，以应对特殊气候变化对水资源的影响。

表 7.1: 合理的长、短期有益措施

短期有益干预措施	长期有益干预措施
● 雨水收集； ● 低降雨量时期，增加对干旱分级及水配额的使用，并推广节水措施和监测及执法措施； ● 开展公众意识宣传活动，鼓励自愿减少用水及增加用水效率，尤其是在用水压力较大时期； ● 在一些无需达饮用水水平的用水过程中重复利用废水（如灌溉、工业用水等）； ● 改进水质监管，尤其是在高风险期（如干旱，极端天气，强降水事件）； ● 水质较低时期向公众发布水质警告及水处理建议； ● 使用季节性及更短时间段预报来计划用水； ● 引入用水定价方案，保证贫困及弱势群体用水需求（如，只有在一定每人/户/企业用水量以上适用某一价格，或根据企业生产力规定的用水比例以上应用某一价格方案）。	● 制定政策和规划框架时考虑未来水供应的潜在变化信息； ● 整合民用和商业建筑雨水收集系统； ● 设立新建筑最低用水效率标准； ● 投资低用水量行业； ● 战略引进水密集型产品； ● 湿润季节集中进行一些水密集活动； ● 升级水处理基础设施； ● 改进水质监管体系； ● 分离排水及污水系统，改进径流管理； ● 升级水量分配系统（减少泄漏及蒸发）； ● 推广气候和天气预报在水资源管理领域作用； ● 建设脱盐工厂，使用含水层地下水（但应注意成本及可持续性问题）； ● 研究国际性机制，管理共享水资源。

来源：UNDP-未出版

7.4 水资源综合管理规划中的气候变化



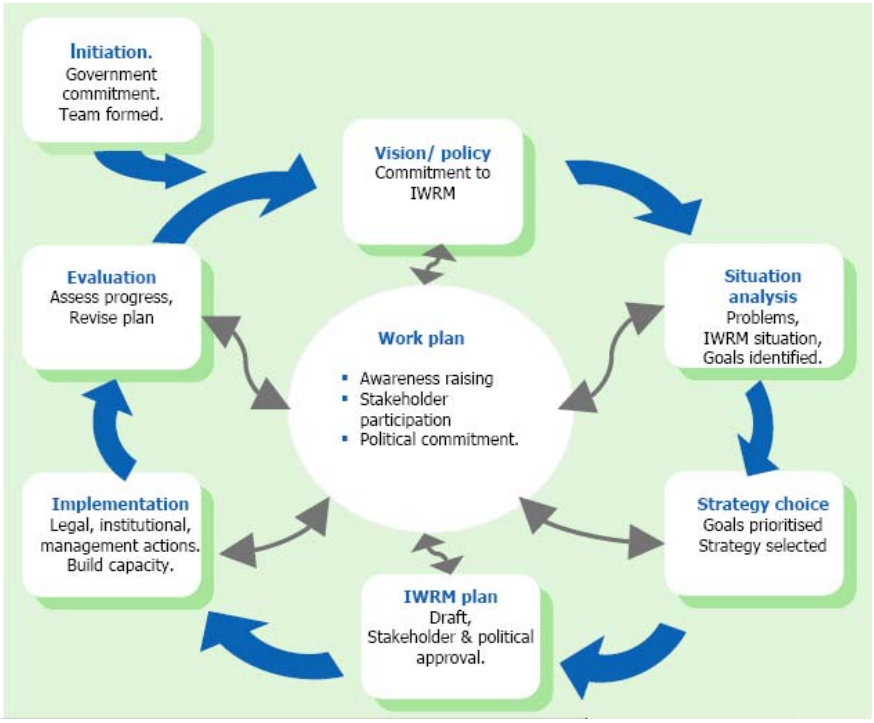
历史上水资源管理的核心是适应容量与适应能力。之前，管理实践用于应对特定情况或者各种变化的环境中产生的需求，这些需求是因为自然原因、体制变化、政治上的优先考虑和其它因素带来的。从这个角度看，气候变化适应与应对策略并不新鲜或无基本水资源管理实践原则可循。气候变化适应管理措施的选择并不独特或者与以前应用于应对当代气候变化的选择有特别大的不同。唯一实质性的不同在于是否采用更为传统和有增量的“无悔”方式，或者更为预先准备、有预警的方式。这是使用 IWRM（水资源综合管理）做为适应工具的一个论点。或许更重要的是水资源综合管理回答了这样一个问题：怎样通过水资源管理达到千年发展计划的目标？在这一背景下，做出如下正确的建议：既然能源消费习惯是气候变化减缓的焦点，水资源综合管理应该是适应策略的核心（Jonch-Clausen，2007）。

如何将气候变化方面因素纳入水资源综合管理计划？

在 2002 年世界可持续发展论坛上，各个国家承诺参与国家水资源综合管理和用水效率计划的研究，这些计划也包括在约翰内斯堡行动计划里（UN,2002）。这有助于推动水资源综合管理项目在各国家议程上的发展与实施，许多国家启动或者进一步加强了此类计划的国家发展进程。

Cap-Net 水资源综合管理计划培训手册及行动指南（Cap-Net，2005b）呈现了包含 7 个连续步骤的过程，概要如图 7.1 所示。

图 7.1：水资源综合管理规划环形图



来源：Cap-Net，2005b

将水资源综合管理规划过程看作有助于适应变化的气候条件，应考虑以下内容：

- 在“初始”步骤，气候变化的影响需要包含在规划过程中。为支持决策者，作为论点提出，有利于决策者推进需求管理策略，若非如此，这些策略可能在政治上很难实施。
- 在“视野/政策”步骤，气候变化适应措施是附加因素，不能替代水资源综合管理目标。水资源综合管理总体目标不变。
- 在“情况分析”步骤，需要包括气候信息的使用及影响分析。而且，可以提出适应/减缓主题，建议水资源综合管理过程中应减少适应措施选项对减灾目标的负面影响，反之亦然。
- 在“策略选择”阶段，可引入预期或“预防”方式，做为水资源综合管理策略的基础。
- 起草水资源综合管理计划时，考虑本地管理部门及河流流域各组织（RBO）在适应策略中的角色。
- 分析法律框架、经济和卫生及其他变化的条件性因素，做为水资源综合管理实施的基石，且决定其对适应气候变化措施的贡献方式。
- 评估期间，用各项指标衡量结果，考虑计划中提出的适应措施。

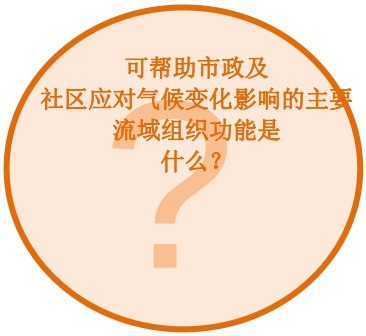
整个过程中，利益相关方的参与不可缺少，且执行机构拥有影响测评的结果并做出决策选择。

随着技术进步，解决方法和策略的范围不断拓宽。产生变化的是我们的理解及水资源管理措施的总体执行，这些措施符合现代原则与政策。一个流域中有许多用水者，他们居住于彼此的上下游。

综合方式将流域视为一个整体，且考虑到流域内的变化或者水资源分布的变化对其它用水者的影响。水资源管理者不再一开始就认为某些结构性措施（如堤坝）是唯一最好的解决方法。他们开始通过思考管理目标来进行规划。这通常包括一些因素如社会 及社区福利，妇女在用水群体中的作用及环境恢复等。水资源综合管理应当被做为适应现代气候变化的总体范式而加以倡导，并且是应对全球变暖、随之而来的气候变化及二者对水循环影响的必备条件。

7.5 流域管理机构角度

不同的机构都着手处理水资源管理和气候问题。水资源管理可能在水利部或者水务部门的管辖范围内，而气候变化往往由环境部管理。在流域层级上，采取气候变化措施也同样是环境部门的责任，而流域内相关组织通常关心分配与污染控制问题（Cap-Net，2008）。挑战在于如何促使流域组织与当地管理部门和环境机构承担处理气候变化适应相关问题。



流域各组织典型功能有：

- 水资源分配；
- 污染控制；
- 监测；
- 流域规划；
- 经济与金融管理；
- 信息管理；与
- 组织利益相关方参与。

流域组织使用实际工具来正确处理气候变化的各种表现，在流域层级发挥这些功能。本章前面部分提及的可用适应措施的执行是各RBO的任务和责任。在下表中，我们将可能采取的措施与RBO的功能进行了匹配。

表 7.2：一些可能的适应措施及流域组织各项功能

可能的适应措施	RBO 功能	预期效果
水价制定，成本恢复 ，投资	经济/金融管理	减少人均消费量 提高效率
季节性水资源配额，重新分配，管理用水情况	水分配 污染控制	提高可获取性及更好获取途径 不受阻断水流 保证净化功能
洪水与干旱风险制图，情景描绘	流域规划	减少极端事件影响
增加地表径流截获与存储	流域规划	提高可获得性 减少系统中的污染物
重复循环利用，改进规定，加大卫生力度	污染控制 水分配 流域规划	提高可获得性 减少地下水污染
地下水使用	水分配	提高可获得性

	流域管理	
雨水收集，预警系统	水分配 利益相关方参与	提高可获得性 减少排水设施损害
改进排水系统和水处理	污染控制 流域规划	减少污染 提高可获得性，得到恢复 recovery
提高监测水平	信息管理 监测	改进对实际需求的响应行动

7.6 合理的适应层次

发展中国家易于受到气候变化的负面影响。与发达国家相比，发展中国家的气候敏感部门如农业和渔业在经济上更为重要。应将降低这些部门及相关社会群体的脆弱性当作适应策略的中心，保证民生的持续。预测及响应直接和间接影响的人力、机构及金融能力有限，尤其是在社区层面上。因此，制定策略并在合理层面上实施就显得十分重要。

当地管理部门在除贫方面发挥核心作用，改进基本用水服务及水资源的可持续管理。然而，他们通常欠缺达到这些目标所需的知识和能力。这些部门是权力最为分散的代表性管理机构，有责任提供基础服务。在这种情况下，这些部门的首要职责是保证脆弱领域及参与者的需求在适应策略中得到照顾，其生活得到保障。

当地管理部门应提供或者促进用水及卫生服务，但同时也更增加使用参与性措施，使利益相关方对规划的投入、管理决策和利益相关方在用水需求管理方面达到最大化和最优化。当地管理部门应同时作为使用者和社区代表，在流域水资源管理机构中发挥作用，这些部门应支持法规建设，促进水资源的可持续利用，包括环境和生态保护。随着权利越来越分散，当地管理部门负有更大的责任，同时也往往有着更为有差异的职能、经验与能力。这些部门的效率影响发展、贫困、环境与健康等方面，然而这些机构仍最难接触，达到获取改善水资源管理方面援助的目的。用户联盟，非政府环境组织，利益团体和其它人员在发动利益相关者制定适应策略方面，以及促进他们参与策略实施方面发挥重要作用。在水资源综合管理适应规划框架下，与利益相关方协商及其参与是整个过程的核心。可保证制定策略时正确处理性别平等问题，最脆弱部门及用水者得到足够关注。

这种情况下，可以区别私人与公共适应策略。私人适应策略由个人、家庭及其它私有实体提出和实施，通常为执行者本人服务。公共适应策略由公共管理机构提出，为社区利益服务。理想情况下，公共管理机构吸收个人，利益团体或其它私有实体代表的投入，在私人需求的上制定满足公共利益的策略。然而，这个过程需要公共管理机构有实际的能力组织公众参与并将这些投入在战略政策制定与实施中体现出来。当地各方也要了解情况，并对适应情况、有待使用的各项工具和技术充分熟悉。需要对当地管理机构及公民社会代表的能力建设大力投入。

推荐阅读

Cap-Net （2005）水资源综合管理计划:培训手册和操作指南. Cap-Net: Delft，荷兰

Cap-Net （2008）流域组织水资源综合管理:培训手册和协调者指南. Cap-Net: Pretoria，南非

CPWC （2009） 规划更好的 WRM. 水资源与气候变化适应观察文件.水资源与气候合作计划 (CPWC):Den Haag，荷兰
http://www.waterandclimate.org/index.php?id=5thWorldWaterForumpublications810

CPWC （2009）小岛国. 水资源与气候变化适应观察文件

CPWC （2009） 跨边境水资源管理. 水资源与气候变化适应观察文件

CPWC （2009）水资源与服务. 水资源与气候变化适应观察文件

全球水伙伴（2009）更好的水资源管理——今天更大的复原力,明天更有效的适应. 水资源与气候变化适应观察文件. GWP: Stockholm，瑞典

思考：
如果当地管理机构、社区和利益团体对制定合适的适应气候变化策略十分重要，脆弱群体的需求得到照顾，中央政府研究方案和制定策略时如何对这些方面加以考虑？

第二部分：协调员指南

课程方案示例

第一天

时间	主题	内容
09:00 – 10:30	介绍	介绍项目及参与人员
11:00 – 12:30	水资源综合管理（IWRM）和气候变化导读	介绍.水资源综合管理原则与概念及水资源综合管理如何帮助解决气候变化。本部分会介绍适应策略。 报告后是小组讨论。
13:30 – 14:30	理解驱动力和气候变化的影响——驱动力	*介绍与讨论* 介绍气候变化的物理学基础及相关驱动力内容。
14:30 – 15:30	小组讨论	随机小组-反馈讨论内容
16:00 – 17:30	理解驱动力和气候变化的影响——影响	*介绍与讨论* 理解气候变化会如何影响水资源及生态系统，并讨论这些方面会如何影响用水。

第二天

时间	主题	内容
08:30 – 09:00	前日内容回顾	*回顾并阐明相关话题*。要求参与者自愿发言总结报告与讨论内容，所作陈述应用于引发讨论，但不多于三次。
09:00 – 10:30	制定适应策略与规划	*介绍与讨论* 用水环境下什么是适应规划中可以使用的基本原则？讨论为适应策略和项目做准备的程序及适应规划的样例。
11:00 – 12:30	练习	根据 4 种情况分组——确定不同小组在用水部门气候变化适应项目的职责范围
13:30 – 15:00	气候变化对用水部门的影响	*介绍与讨论* .在全球范围与地区级别上，气候变化对水资源的影响是什么？强调各个用水领域的预期影响。
15:30 – 17:30	练习	与前一单元相同分组讨论对以下方面的影响： 案例 1-农业与农村地区洪水 案例 2-航海与农业 案例 3-基础设施与城市洪水 案例 4-生态系统与渔业。

第三天

时间	主题	内容
08:30 – 09:00	回顾前日内容	
09:00 – 10:30	评估影响的技术手段	*介绍与讨论* 在上一单元基础上，介绍用于评估可确定影响的新技术。
11:00 – 12:30	应对不确定性	*介绍与讨论* 介绍应对气候变化时会增加不确定性的各个方面，及如何将这一问题纳入环境管理方法中。包括关于预测及可恢复性导向方式的一次报告。这两个方面是气候适应策略的两个不同方式。
13:30 – 18:00	实地考察	

第四天

时间	主题	内容
08:30 – 09:00	回顾前日内容	
09:00 – 10:30	练习	4 个小组设计并策划一个风险评估办法应对不确定性策略，在其各自案例中使用气候脆弱性指标。
11:00 – 12:30	适应工具及措施	*介绍与讨论*

		回顾适应措施及其类型。
13:30 – 15:00	练习	4 个小组分别为其例案提出适应措施。
15:30 – 18:00	角色扮演	

第五天

时间	主题	内容
08:30 – 09:00	回顾前日内容	
09:00 – 10:30	水资源管理气候变化适应	*介绍与讨论* 本单元专注于水资源管理工适用工具及其如何在气候变化中发挥作用。考虑规划过程中各个阶段及适应策略适用之处。同时将适应措施与水资源管理功能相匹配。
11:00 – 12:30	练习	要求 4 个小组有策略的将适应措施纳入水资源管理规划中。
13:30 – 14:30	继续	工作小组
14:30 – 15:30	继续	报告结果并讨论
16:00 – 16:30	一般讨论	应吸取的教训
16:30 – 17:30	课程评估及闭幕	

课程概要

环节 1

标题：介绍水资源综合管理和气候变化

学习目标

本阶段结束时，参与者将：

- 能够描述水资源综合管理的意义及其主要原则；
- 了解使用水资源综合管理方式的主要原因；
- 认识到水资源综合管理可以在适应气候变化方面起作用的领域。

本阶段需求/要求

演讲报告设备
活动挂图或者其它小组练习报告工具
分隔空间

简短总结

本部分介绍水资源综合管理主要原则及概念，回答其如何帮助适应气候条件变化，提升水资源可获性及水质的问题。

时间分配

报告与讨论：45 分钟
练习：45 分钟
共计：1 小时 30 分钟

练习

小组讨论。取决于小组规模，分成 3 或 4 小组，讨论以下问题：

学习过水资源综合管理的基本原则后，执行水资源综合管理时你或许能够衡量你自己国家的情况。以下是一些你可能想要回答的问题：

- 你的国家参与水资源综合管理项目的表现是什么？
- 在你的国家有没有遵循任何水资源管理原则？
- 在你的国家，水资源管理的变化对男人和妇女产生怎样不同的影响？
- 在你的国家，管理实践适用程度如何？
- 在你的国家，有哪些气候变化表征能够利用水资源综合管理解决？

环节 2

标题：气候变化的动力与影响

学习目标

本部分结束时，参与者应：

- 能够解释气候易变与气候变化的基本概念；
- 认识到 IPCC 用于交流自信与不确定性的语言特点；
- 理解《排放状况特别报告》的基础；
- 能够指出气候变化对水循环、生态系统和用水的影响。

本节需求/要求

电脑与投影仪
分隔空间

小结

理解气候变化的物理学基础和相关动力要在学习其可能后果前进行。水是赋予生命的资源，最易受气候变化影响，应得到特别关注。水资源管理者需要理解气候变化将会如何影响水资源和生态系统，并对用水造成何种影响。

时间分配
对动力的介绍和讨论：60 分钟
小组讨论和回馈报告：60 分钟
对影响的介绍和讨论：60 分钟
共计：3 小时 30 分钟

练习
小组讨论。根据小组规模，分为 3 或 4 个随机小组，讨论以下问题：

- 你注意到你所在地区气候有没有任何变化？这些变化与 IPCC 观察和设想一致吗？
- 对水资源有什么影响？
- 你认为未来会有什么变化，这些变化会如何影响水资源？

练习结束时，对全体进行简短（5 分钟）口头报告。

环节 3

标题：策略制定与适应规划

学习目标
本节结束时，参与者应能够：

- 找出为适应策略做准备的过程提出的主要准则与程序；
- 发现适应规划的实质性指导的一些主要来源；
- 通过一个安全，发现将适应原则应用于项目中的可能性；
- 找出适应计划与减灾计划的联系及二者之间可能有冲突的措施。

本小节需求/需要
报告设备
活动挂图或其它小组练习报告工具
分隔空间

小结
本小节专注于用水环境下哪些基本原则适用于适应规划。同时探索为适应策略与项目做准备的程序。本节会进一步探讨适应规划案例，尤其是各种原则如何嵌入国家适应项目中。

时间分配
报告：40 分钟
讨论：20 分钟
练习：120 分钟
共计：3 小时

练习
小组练习和会议报告。
→见练习内容和参考解决办法。

环节 4

标题：气候变化对用水部门的影响

学习目标
本小节结束时，参与者应：

- 理解气候变化对世界各地区水资源的影响；
- 能够解释主要用水领域气候变化的预期后果；
- 理解不同的 CCIAV 框架；
- 理解生成不同气候场景的各种方法。

本节需求/需要
电脑与投影仪
分隔空间

小结
气候变化的影响不会是一致的，而是根据地域不同而有所变化。本小节讨论气候变化在全球范围及地区水平上对水资源的影响。同时也关注对各用水部门的预期影响。

IPCC 提出若干框架用于评估气候变化影响，这些影响用 CCIAV（气候变化影响，适应和脆弱性评估）加以概括。大部分 CCIAV 研究中，根据经济社会故事序列，使用 GCM（总体循环模型）预设各种气候状况。然后通过不同模型对各气候状况加以处理，评估其对水资源的影响，进而支持适应规划。

时间分配
介绍与讨论对用水领域的影响：90 分钟
练习和大会报告：120 分钟
介绍并讨论影响评估技术：90 分钟
共计：5 小时
注：影响评估技术练习与不确定性应对练习结合进行。

练习
练习单元提供案例描述。参与者根据案例描述分为四个小组。各小组要讨论各案例中的特定部门会受到的影响：
案例 1 –农业与农村洪水
案例 2 –航海与农业
案例 3 –基础设施与城市洪水
案例 4 –生态系统与渔业。

环节 5

标题：应对不确定性

学习目标
本小节结束时，参与者应：
- 理解应对气候变化相关的不确定性的各种类型；
- 认识到不确定性对环境管理带来的影响；
- 能够解释预测与复原力导向方法的区别，并能够运用例子加以说明。

本节需求/需要
电脑与投影仪
分隔空间

小结
对应对气候变化时增加的不确定性客方面加以简短介绍，及其如何在环境管理方法中如何作用。将预测及复原力导向方法作为两种应对气候变化适应办法加以介绍。说明过程中运用一些实例。

时间分配
介绍与讨论：90 分钟
练习与大会报告，结合影响评估技术练习：90 分钟
共计：3 小时

练习
基于 4 种案例，同一小组将使用下小节中介绍的 CVI 方法进行风险评估。找出主要的不确定性。

环节 6

标题：工具与措施

学习目标
本小节结束时，参与者应能够：
- 理解气候变化与易变性适应的各概念；
- 解释适应与减灾的区别，说出气候变化与易变性适应必要性的论点；
- 区别适应选择的各种分类；
- 指出各部门和各种气候变化影响可能适用的适应措施。

本小节需求/需要
报告设备
活动挂图或其它小组练习报告工具（如：手提电脑）
分隔空间

小结
本小节对适应措施及其分类进行总结。小组练习中，参与者要提出针对（指定的）特定案例的适应措施或

用于其所在国家的适用措施。
时间分配 报告：40 分钟 讨论：50 分钟 练习：90 分钟 共计：3 小时
练习 小组讨论与报告。使用早期练习相同分组，每组始终针对同一个案例的不同方面展开工作。各小组提出其各自案例适用的适应工具与措施。

环节 7

标题：水资源管理中的气候变化适应
学习目标 本小节结束时，参与者应能够： ● 理解用于应对气候变化现象的现有水资源管理工具； ● 战略性使用各种不同的方针与工具； ● 在各个层级上推广适应方法。
本节需求/需要 报告设备 活动挂图或其它小组练习工具 分隔空间
小结 水资源综合管理旨在保证各区有足够的资源可使用，水资源能够进行有效利用，保护水资源的环境功能。在这三个方面，管理工作受到气候易变性表现的挑战，因此水资源综合管理制定管理策略时应考虑到这些问题。 为此，气候易变性适应要纳入水资源管理规划中。 本小节专注于水资源管理适用工具及其如何帮助应对气候变化问题。考虑到规划过程中的各个阶段及适应适用之处。同时将适应措施与水资源管理各功能进行匹配。参与者要能够将适应策略与水资源管理规划进行战略组合。
时间分配 报告与讨论：90 分钟 练习：150 分钟 反馈报告与讨论：60 分钟 共计：5 小时
练习 小组合作，将气候变化适应策略与措施纳入水资源综合管理规划中。练习部分中对各项任务有说明。

练习

环节 3：策略制定和适应规划

练习 1

用水部门气候变化适应项目结构样例

注：本案例基于气候干燥的发展中国家，作为初步评估的一部分，明确需要进行实质性研究。因此，强调加强对该地区用水部门特定影响的理解。在实质性研究项目已经完成的地方或者在不同的气候与社会经济环境下，本方法具体应用有所不同。

本样例项目目标是：

- 创造国家环境，促进以下方面气候信息的使用：
  - 水资源规划；
  - 水利基础设施运行，和
  - 灾害管理。.
  - 开展对气候变化对水资源影响的科学评估，构建相关意识；
- 评估气候变化对现存或计划中的水利系统运行规则、系统设计和规模确定、政策和用水策略的影响；
- 通过对与气候预测、多变性和变化相关的水资源管理问题的应用研究，拓展相关知识；并据此
- 通过为水资源基础设施规划与运行和灾难管理发展适应策略，为可持续发展做出贡献。

以下分组以支持项目为目的。注意，角色各有不同，执行的任务包括实质性科研任务，合作与促进任务和策略规划和政策制定任务。参与者可以为各个练习选择合适数目（4 或 5）的小组。

第 2 工作组： 气候信息小组

职责范围： 本组将与国家和国际气候数据提供者，如气候模式机构、区域模式开发者等，密切合作。除了满足本项目的需求外，这个工作组（WG）组成后，可能要进一步满足不同部门开展的其它气候变化研究的需要。为此，本小组应与 WG10（部长间协调组）和各开发机制密切合作，以便从其它部门获取信息。本工作组将为其它小组提供以下气候信息：

(i) GCM 方案/数据库；
(ii) 缩减规模和地区性气候模型；
(iii) 气候和海洋互动海洋粗糙度模型；
(iv) 季节性气候展望；
(v) 数字天气产品。

第 2 工作组：数据和信息小组

职责范围： 各种小组需要不同各类的历史信息与数据。这些数据应该按一定方式管理，其它小组可以很容易获取，且适当保存以便所有未来气候研究使用。本小组将

从事：
(i) 评估和编纂可用数据；
(ii) 评估数据需求；
(iii) 建造数据共享与管理平台；
(iv) 评估数据差距；和
(v) 为加强监测网络建设提出建议，满足未来需求并监测适应策略的影响。

第 3 工作组：水资源需求小组

*职责范围：*未来不同部门的水需求量可能会随着气候变暖发生变化。为了制定适应策略，与各用水方进行紧密合作评估这些需求很有必要。本小组将：
(i) 评估现有及未来需求；
(ii) 与其它部门互动；
(iii) 与各用水方互动；并
(iv) 探索需求管理的各种可能性。

第 4 工作组：地下水小组

*职责范围：*本小组将与 WG5（水资源评估）合作对水资源进行全面评估，并进行以下行为研究气候变化对地下水的影响：
(i) 地下水补充及其水质；
(ii) 海岸区地下水/淡水界面；及
(iii) 海岸区的湖泊和泻湖。

第 5 工作组：水资源评估小组

*职责范围：*本小组专注于从数量与质量上评估地表水资源。将与第 1 工作组（气候信息小组）和第 4 工作组（地下水小组）进行密切互动。本组将致力于：
(i) 研究地表水库水流入与流出情况；
(ii) 研究水库蒸发与水质；
(iii) 排水系统研究；和
(iv) .河流水质研究。

第 6 工作组：规划、适应与管理小组

*职责范围：*本小组将会综合不同小组的信息。使用 WG3，4 和 5 产生的信息，为推广以下领域的气候风险信息研究机制与输入信息：
(i) 国家水资源规划；
(ii) 评估现有和未来开发项目；
(iii) 适应政策与计划；和
(iv) 各种水体的环境管理。

第 7 工作组：海岸区管理小组

*职责范围：*本小组将负责评估气候变化对以下海岸因素的影响及其对各种自然因素和人为海岸结构或沿海地区基础设施的影响：
(i) 海浪和水流模式；
(ii) 监测海平面和土地地势；
(iii) 湖泊动态和生态系统；

(iv) 河流和泻湖出水口；
(v) 海岸侵蚀；
(vi) 对海岸保护工事的影响；和
(vii) 沿岸区域基础设施。

第 8 工作组：系统运行与维护小组

*职责范围：*本小组将负责评估以下水利基础设施结构对气候变化在水资源可获性中的影响的敏感性：
(i) 大坝；
(ii) 基础设施（拦河坝、桥梁、泵房等）；和
(iii) 沟渠；和
(iv) 排水系统。

第 9 工作组：信息与意识小组

*职责范围：*工作组 9 和 10 是推广小组，将负责向外界传达项目成果。本小组将研究与公众和专业人士进行交流的策略，并将负责提升：
(i) 水务专业人士的意识；
(ii) 其它部门的意识；
(iii) 公众意识；
(iv) 教育作用下的意识；和
(v) 与非政府组织，农民合作机构和用水者组织互动，达到以上目标。

第 10 工作小组：部委间协调小组

*职责范围：*本小组将负责与以下各方进行互动，评估其信息需求，并定期交流评估结果：
(i) 不同的部委和用水者；
(ii) 其它流域国家；
(iii) 当地社区/政府；
(iv) 私人部门；和
(v) 非政府组织。

提出可能的措施

措施的类型	洪水多发区	旱灾多发区	水质受损	卫生效果
预防/提升复原性措施				
预备措施				
反应措施				
复原措施				

后续练习案例描述：

案例 1：

一个流域盆地，位于亚洲的一个发展中国家，季风气候。人口密度和贫困率都很高，据推测，人口在未来的三到五十年会继续增加。尽管有城市化趋势，大多数居民住在农村地区，生活直接与农业相关。河流洪水过去年年发生。较小（如年度）洪水对维护土壤肥力，河流生态系统健康和补充地表水存储及与漫滩相连的地下水系统的水供应非常重要。较大洪水的负面影响是生命巨大损失、作物毁坏、生计破坏、交通基础设施使用中断及对房屋和其它基础设施的损坏。周期性洪水也会导致发展基金流向救灾减灾方面。

案例 2：

一个河流流域，位于撒哈拉沙漠以南的非洲的一个发展中国家。有雨季（十月到三月），在一月份会有干旱时期。人口密度相对较低。大部分人的生活依赖雨养农业。人工肥料因成本较高，使用不多。但因为机械化还不普遍，土壤保墒只是作为传统农业实践的一部分。据推测，人口在未来的三十到五十年人口会进一步增长。尽管有城市化趋势，居民大部分住在农村地区，他们的生活与（温饱型）农业直接关联。

案例 3：

一个海岸大型城市，位于拉丁美洲一条大河的入海口的发展中国家。近年来风暴和河流大流量河水形成的洪水淹没了这个城市地势较低地区。造成污水管道系统污水流出，污染饮用水源，造成水生疾病暴发。在长期干旱时期，充足饮用水的取用不能保证。因为从农村地区向城市的人口迁移，预计未来三至五十年人口密度会进一步增加，迫使高风险区域进一步的开发。

案例 4：

一个流域盆地，位于东南亚一个热带发展中国家。人口密度较高，预计在未来的三至五十年会进一步增多。尽管有城市化趋势，大部分居民住在农村地区，他们的生计与（温饱型）农业和渔业直接相关。较小（如年度）洪水对维护土壤肥力，河流生态系统健康和补充地表水存储及与漫滩相连的地下水系统的水供应非常重要。河流是 Carnitop 鱼的重要栖息地，这种鱼是重要的商业鱼种，其一半的生命周期在上游支流度过，另外一半在下游红树林度过。Carnitop 需要清洁的水源，其食物来源对杀虫剂十分敏感。

环节 4:气候变化对用水部门的影响

根据以上 4 个案例，各小组将讨论对各个案例指定部门的预期影响：

案例 1 –农业与农村地区洪水
案例 2 –航海与农业
案例 3 –基础设施与城市地区洪水
案例 4 –生态系统与渔业

环节 5：应对不确定性

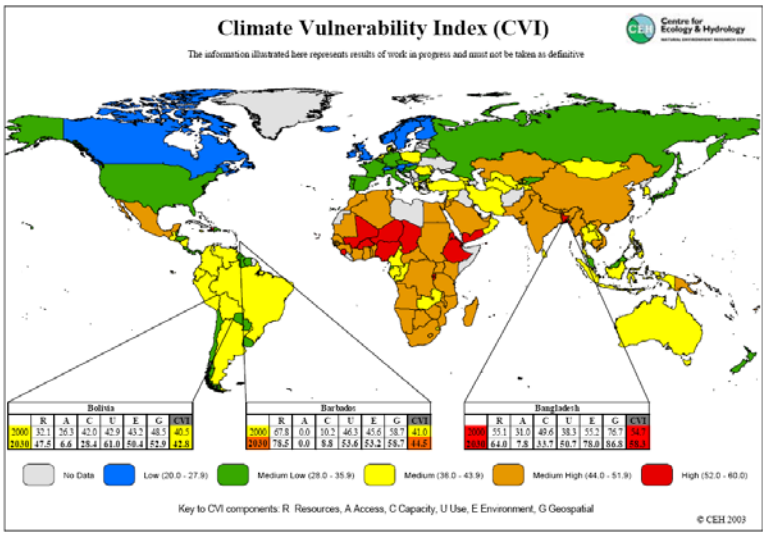
针对四个案例，相同小组应使用气候脆弱性指标（CVI）开展风险评估，找出主要的不确定性。

气候脆弱性指标

CVI 以一个包括了许多问题的框架为基础，是水资源评价的整体性研究办法，与许多捐助组织评估发展进程时使用的可持续生活办法一致。指数记分范围是 0-100，总分是六个组件得分的加权平均数。每个组件记分范围也是 0-100。

六个主要类别或者组件如下所示。

CVI 组件	小组件/变量
资源 (R)	③ 地表水与地下水可获性评估 ③ 水存储能力与资源可靠性评估 ③ 水质和进口水和脱盐水依赖性评估
接近(A)	③ 能接近清洁水源与卫生 ③ 能利用随气候特点调整的灌溉条件
能力(C)	③ 耐用消费品支出，或收入 ③ GDP做为GNP的一部分，水利投资占总固定资本投资的百分比 ③ 人口教育水平和五岁以下死亡率 ③ 具备灾难预警系统和市政机构的实力 ③ 生活在非正式住房中的人口比例 ③ 在洪水或其它灾难中安全地点的接近程度
使用(U)	③ 与国家或其它标准相关的居民用水消费比率 ③ 与GDP贡献相关的农业和工业用水
环境(E)	③ 牲畜和人类密度 ③ 栖息地损失 ③ 洪水频率
地理空间(G)	③ 受海平面上升、潮水波浪，或滑坡影响的土地范围 ③ 与其它水资源和/或食物来源隔绝程度 ③ 去林化、沙漠化和/或土壤侵蚀率 ③ 自然植被土地转化程度 ③ 冰消作用和冰湖溃决风险



来源： Sullivan 和 Meigh，2005

环节 6：适应工具与措施

为每组分配一个研究案例（以上），针对这些案例，他们要解决并呈现以下问题：

1. 指出一组对在空间与时间分布以及质量方面可能对水资源产生的影响。你要假设这些影响通过科学的影响评估至少是可能产生的。
2. 使用这些影响制定一组措施，适应预设影响时要考虑这些措施，并解释每个措施的期望效果。这组措施最好应是政策措施、技术措施和旨在分担风险的措施的组合。
3. 根据表 2（讲座笔记）对这些措施进行分类：他们是预期型的还是反应型的？他们适应于自然系统还是人类系统？
4. 针对你选择的每个措施，按以下标准提供相关迹象：
    - 即使预设的影响在实际上是较小的，这些措施在经济上适用么？（也就是说，它们可以作为“无悔”或“低后悔”措施吗？）
    - 这些措施的应用有已知重大限制吗，如金融/政治方面的限制，利益相关方的接受度？
    - 从大量增加的 GHG 排放来看，这些措施会影响气候变化减缓目标的实现么？
    - 试着确定应用这些措施后如在生活安全、食品安全、生态系统健康和减贫等方面可能产生的外部性。

环节 7：将气候变化适应纳入水资源管理规划中

描述：

进行之前的练习的工作组将进一步解释其各自案例。

各小组任务：

制定气候变化适应策略，运用本周内提出的各种概念、原则、工具和技术。

制定策略时，考虑以下因素：

- 问题分析；
- 方案与模型；
- 水资源综合管理原则与概念；
- 健康影响；
- 法律选择；
- 金融与经济影响；
- 可能的适应措施；
- 不同部门应对不碇性的策略制定；
- 规划过程和利益相关方参与；
- 能力建设；
- 社区和流域级别各项活动；和
- 流域组织和当地管理机构角色。

使用水资源综合管理规划循环并明确循环每个阶段应该采取的行动，取期成果和成功指标。

提示：有用的材料： Cap-Net training manual IWRM plans (2005)

角色游戏：奈瓦夏湖

请阅读以下维基百科（http://en.wikipedia.org/wiki/Lake_Naivasha）中关于肯尼亚奈瓦夏湖的描述。描述中可以清楚了解到湖水水位在下降，影响到了利益相关方。这个过程是一组复杂的自然和人为动机导致的，气候变化可能也是其中的一个动机。气候变化方案预测奈瓦夏湖年降雨量会下降。

奈瓦夏湖情况

表面积 139 km²；平均深度 6m; 最大深度 30m; 地面高程 1,884 m。

奈瓦夏湖是肯尼亚的一个淡水湖，位于内罗毕西北，在奈瓦夏市外围。是东非大裂谷的一部分。其名字来自于当地叫做 Nai'posha 马赛人，意思是“粗暴的水”，因为湖里常会发生风暴。此湖表面积 139 km²，周围是一个面积 64 km2 沼泽地，但其面积会根据降雨情况发生较大变化。奈瓦夏湖位于海拔 1,884 m 处。此湖平均深度 6 米，最深处是在新月岛，深 30 米。Njorowa 峡谷过去是湖的出水口，但现在比湖面高出许多，形成了地狱门国家公园的入口。

奈瓦夏湖是许多野生动物的栖息地；已发现 400 多种鸟类。湖中有大量的河马。在其附近还有两个较小的湖泊：Oloiden 湖和 Sonachi 湖（一个火山口湖）火山口湖游戏自然保护区就在附近，湖岸以欧洲移民和定居者闻名。在 1937 到 1950 年间，此湖被用作帝国航空公司从英国南安普敦到南非的客运及邮运路线上水上飞机的着陆点。连接基苏木与内罗毕。

花卉栽培成为沿湖地区主要产业。然而大量无节制的使用湖水灌溉导致湖平面降低，在肯尼亚成为令人担心的问题。湖中打鱼是就业与当地人口收入的另外一个来源。湖水平面变化很大，在 19 世纪 90 年代时曾一度干涸。水充满后，水平面现在又在下降。奈瓦夏市（前东纳库鲁）位于湖的东北侧。

奈瓦夏湖水平面下降，因此奈瓦夏湖湖岸管理局（LNRA）建议限制用水。LNRA 认为这是其成员长期受益于湖水的唯一方式。尤其是考虑到气候变化的预期影响，应采取紧急行动。

LNRA召集会议进行讨论并向以下利益相关方[1]介绍其计划：小规模农场主；花卉栽培部门；旅游业；奈瓦夏市政府；水务与灌溉部；渔民联盟和肯尼亚海洋与渔业研究所（KMFRI）。

如何进行

每个利益相关方由一名参与者代表，并由另外一名参与者担任此利益相关者的保护者。这种情况下，有八个利益相关方，也就有 16 名参与者参演，其它参与者旁观。所有参与者都要参与到角色游戏中来，作为利益相关者，保护者，或者做为观察者。各自责任如下表 1 所示。

[1]利益相关者的描述和意见大致基于 IUCN/LNRA （2005）。奈瓦夏湖：肯尼亚拉姆萨尔湿地当地管理处。IUCN 东非地区项目，内罗毕和奈瓦夏湖岸联盟，奈瓦夏。78 页。

表 1：各参与者的角色与责任

角色	责任
利益相关方	为与保护者会见准备目标与策略 积极参与表演，他或她自己要站在利益相关者的角度（做为利益相关者，如果大局对他/她很重要，只考虑大局） 执行保护者的建议 在反馈环节开展自我评价，要能反映出目标与策略。
保护者	准备与利益相关者会面的目标与策略 通过在纸条上传递信息，帮助利益相关方遵守商定的策略
观察者	发表关于表演的意见（指出利益相关者的目标与策略，会谈技巧等） 找出角色游戏与其与现实联系的关系（你可以从角色游戏中学到什么） 尊重表演者并意识到他们在进行表演。

基于表 2[2]中的信息以及对奈瓦夏湖的描述，利益相关者和他/她的保护者有一些时间（10-15 分钟）准备利益相关者会晤。在会面期间，他们在想要达成的目标上达成一致意见作为会面成果，以及达成目标的策略。目标可以是，例如，关于限制用水的协议或者阻止限水协议的执行。LNRA准备会议议程并准备好己方主持会议，并制定目标与策略。游戏期间，观察者试着找出不同利益相关者的目标并评估他们能否达成目标。准备期间，观察者可以协商如何分配自己的任务（如专注于特定利益相关者）。

表 2：各利益相关者的特点

利益相关者	特点[3]
LNRA	要想对湖水进行可持续管理 意识到气候变化的潜在效果 不信任花卉栽培者 认为市政府只注重短期问题 过于自信 想在会议结束时达成协议
小规模农场主联盟	非常了解这个地区，世世代代居住于此 意识到需要进行限制 觉得限制应主要（如果不只）用在花卉栽培者身上 不喜欢花卉栽培者并觉得花卉栽培公司根本不在乎湖水 认为市政府是花卉栽培公司“拥有的”
花卉栽培者联合会	觉得他们有权利想用多少水就用多少，因为他们提供就业，且是该地区经济增长的主要贡献者 傲慢；不想与会 试着“操纵”市政府和部委 不想达成限水协议，除非协议不适应于他们
旅游业	其收入依赖于生态环境状态 支持旅游、环境和自然资源部及肯尼亚野生生物服务处 想与 LNRA 建立联盟 认为大工业不应该从脆弱的生态系统中取水（花卉栽培者） 寻求达成建设性协议
奈瓦夏市政府	趋向于认为就业比可持续性更为有价值 不相信气候变化会对当地有大的影响 与小规模农场主和渔民没有多少交流 对他们为花卉栽培者所“拥有”的流言感到非常不悦
水务与灌溉部	没有意识到当地各种敏感性 觉得此次会议很好 认为限制用水的协议似乎有必要 趋向于支持花卉栽培者，但可能对有力的论点比较敏感 有可能促成或破坏协议（支持 LNRA 或花卉栽培者）

[2]利益相关者特点应分别发放到利益相关者与保护者手中，比如，LNRA 不应看到花卉栽培者的特点描述。

[3]虚构的，并不总能反映现实。

利益相关者	特点[3]
	觉得自己很重要
渔农工会	支持所有有助于提升湖水平面的倡议 不是很有组织性 觉得被忽视
KMFRI	在湖上大永久站点 经济及科研利益 湖水为国际研究合作提供较好的潜在对象 知道花卉栽培者与潜在欧洲捐助者关系较近（欧盟、丹麦政府） 与渔业有历史联系 非常担心气候变化对湖水生态的潜在影响

表演期间，利益相关者呈半圆坐于观察者对面的位置，这样观察者可以看到全部利益相关者。保护人坐在利益相关者背后，在纸条上写下他们的建议，并交给他们所代表的利益相关者。由 LNRA 开启会议，表演开始。表演期间，无视观察者的存在。若会议停滞不前，或讨论太“激烈”时，表演协调者介入。表演历时约 15 分钟。之后，观察者进行反馈。然后利益相关者和保护人交换位置，表演再次开始，然后进行第二轮反馈。

表演协调

课程协调者解释过程并计时。为整个环节预留足够时间非常重要，因为有时表演自身或者反馈环节会带来关于利益相关者参与进程的有益的讨论和见解。若表演没有成效，停滞或时间不够，协调者应停止表演。协调者指导反馈环节，并在整个表演时，做出总结发言或者总结教训。

研讨会规划与培训技能培养

内容：

- 规划研讨会时应考虑的方面
- 动力与激励程序
- 打破僵局
- 规划气候变化与水资源研讨会

本章用于指导与气候变化影响适应和水资源综合管理功能相关的培训活动的设计。

介绍

有成年参与者参加的培训活动有一些具体的需求，应该在设计事件时予以考虑，以保证达到培训目的。成年学习者喜欢通过动手、分享经验和应用实际工作环境下应用新知识来达到学习目的。

规划过程可以看作一个工具，推进者可以利用它来优化参与者的学习过程。

1. 确定小组目标

考虑到培训适应不同的观众，你要确保你的培训材料满足不同需要，并满足培训人员的背景需求。确定使用教材、预料到规划会期中的所有需要也十分重要。

2. 外部因素

设想出可能的培训方案是一个好的准备性练习。这样，你可以试着控制可能会影响培训事件的外部因素，例如，节日、天气条件和政治事件。这个练习也给你找出可能会出现的特定时机的机会 。

3. 内部因素

根据你的长处和你可能得到的额外支持，实际地计划能力建设，非常重要。以下是一些规划、实施和评估培训课程的实际建议。

A. 培训前

- 设定培训目标。
- 找出并评价培训方法，和选择与你的目标最为适合的方法。
- 找出你所在地区/当地的对应人或机构。
- 根据你的需要和成本进行调整，准备预算，考虑所有花费并为资金紧张时期预留资金。
- 获取金融支持。
- 确定使用专家编制教材，计划复习与综合所学内容。
- 解决管理与地点问题（休息室、工作组分隔空间、会议室布局、网络接入、交接处、连接、疏散路线等）
- 决定你如何测算各个目标。

- 试着了解情况或参与者的知识状况（如使用申请表、要求参与者写出参与动机或分析他们所在地区情况）。
- 确定你想要取得的进步。
- 确定任务中的各种责任。
- 规划内容时准备好激励机制或动力课程。
- 列出所需材料与设备。

B. 培训期间

- 将“维持秩序”或组织性的角色分配给志愿参与者。
- 评估并解决参与者和参加培训人员的特殊需求。
- 确定材料按时发放。
- 作为学习过程的一部分，为技术环节添加互动环节，实际运用概念与原则。
- 计划每日回顾，评估活动和参与者理解情况。但应注意回顾部分不能只是各个报告的总结。
- 考虑需要的休息时间，及如何让参与者回到环节中来（播放音乐、铃声、开/关灯光）。

C. 培训后

- 通过指定的指标，测量目标完成情况。
- 审视培训者与参与者的反馈。评估可对项目、材料或促进行为做出何种改进。
- 审视所选培训方法与分配时间的有效性。
- 找出存在的任何培训差距，将它们包括在未来计划中。
- 审视最后的金融状况。

如果计划复制你的培训活动，你需要努力准备以下活动：

1. 按地区或国家（取决于参与者数目和你指定的进行汇报的目标小组）开小组会议。
2. 准备在你所在地区/国家或流域级别开展活动的提案，利用项目和培训中使用的关于水资源综合管理和气候变化的材料。
3. 你需要确定：
   - 目标小组；
   - 活动用时；
   - 根据长度和地区或者国家的需要与特点决定内容；
   - 确定地区或者当地发言人/专家；
   - 列出开展培训活动的要求；
   - 确定负责人；
   - 制作时间表；
   - 确定资金来源；
   - 准备大会报告。

一些活跃气氛/提升兴趣的建议

与成年学习者相处时活跃气氛非常重要。你不只要负责材料的质量，保证其发放，也要负责小组的学习动力。这里提供一些活跃气氛办法，但你也可以发挥创造性，使用你自己的办法。

组建团队活跃气氛方法

互相认识活动（15 分钟）

将与会者分成四或五人小组，并根据研讨会研究问题为他们命名，像湖泊、河流、降雨、春天等。可以使用颜色或其它参考物。也可以给参与者有不同标签的巧克力或糖果，这样他们可以与持有相同糖果标签的人相会。

告诉新成立小组各项规则与他们各自的任务。准备清晰易懂的指南，使过程变得简单。任务可以较简单，如找到他们五个共同之处，与工作没有任何关系的特点（不包括身体部位与着装）。这样的活动有助于更好的发现共同兴趣。本组的一个人（自愿）需要进行记录并准备在任务完成时向全组成员读出他所列内容。然后要求每个小组与所有小组分享他们的记录内容。

动物卡片（30 分钟）

可以成对发放有动物图象的卡片，或使用相反卡片，要求参与者找到有配对图片的人。每人要向大会介绍这个人，说出他的特别之处。可以准备一些主要问题，这些必须是个人问题，并能让他/她显得与从不同。给每对参与者 10 分钟互相认识，余下 20 分钟向小组其它成员介绍。

宝箱（30 分钟）

拿出一个黑袋子或者箱子，要求参与者给你一个对他们来说重要的东西，避免是铅笔或铅笔等物，可以建议使用眼镜（装在镜盒内）、驾驶执照、戒指、手表等。将所有宝物放袋内后，拿出一个，要求物主说出他或她的名字，并说一些不为人知的个人信息。小组成员要决定这个信息是否足够个人，以便拿回宝物。如果认为不够个人，参与者要再次进行尝试。不要对此人太过宽容，直到小组成员满意后才可归还物品。

传球（20 分钟）

另外一个介绍参与者的办法 是拿出一个小彩球，向周围抛出，并要求接到球的参与者站起来，逐个介绍他们自己。保证所有参与者都能拿到球。当大家疲倦时，可以使用相同办法，让他们说出他们传球对象的人的名字。说不出来的人要接受惩罚，唱歌、跳舞或由小组决定。

名字游戏（15 分钟）

让参与者坐成一个圈。从某人开始游戏，说“嗨，我的名字是……”。然后此人旁边的人要继续说“嗨，我的名字是……坐在我旁边的是……”。这样循环一周，直到最后一个人介绍完他/她自己，并介绍整个圆圈！这是一个记住名字的好办法。

研讨会期间开展的其它活动

婴儿图片游戏

在课程前要求每人带来他或她自己婴儿时期的照片。收集好所有照片，并仔细将它们粘贴在纸张上，挂在墙上。为每张照片标上号码，并在旁边准备一个大信封；将照片放在那里直至最后一天。参与者需要根据这些婴儿照片认出每个参与者，将号码与名字联系在一起，并在研讨会期间将答案放入信封。培训最后一天，猜对最多名字与图片的人会得到一个奖品。

分享椅子

每个人搬张椅子坐成一个圈。领导者读出一些物品。如果参与者拥有任何一个物品，他或她必须顺时针方向挪动适应数目的位置。例如，1.“有一位兄弟的，顺时针移动一个位置。有二位的，移动两个位置。”2.“有黑头发的，顺时针移动一个位置。”3.“超过 21 岁的，逆时针移动三个位置。”4.“穿棕色鞋子的人请移动一个位置。”有意思的部分是，如果你动而你的邻座不动，你要坐在他/她的大腿上！有时候三个人会坐在同一个位置上！保证花样足够多，这样每个人都有几次机会移动。

混乱医生

所有参与者拉手站成一个圈。选一个人当“混乱医生”。这个人离开房间一会。他/她离开时，其他人尽量胳膊或腿互相缠绕，不能放开相邻人的手。这个圈缠绕好之后，大家齐喊“混乱医生，把我们治好吧！”混乱医生这时进来，试着解开这个圈，指挥每个人穿过胳膊或者绕过身体等。

鞋子工厂

让小组成员肩并肩站成一个大圈。然后每个人脱下鞋子放在中间。鞋堆成一堆后，领导者指挥成员挑取两只不一样的鞋，不能是自己的。然后穿到脚上（如果太小，可以只穿一半）。然后成员要成功搭配鞋子，并通过站在穿另一只鞋的人旁边把它们配对。这可能会造成一团糟的情况，并让大家笑声不断！

推荐阅读

先进系统技术集团 (1999) 策略规划模型协调者指南. Crofton,马里兰州.

Cap-Net (2007)短期培训课程规划:管理工具网络. Cap-Net: Pretoria，南非.

参考资料

Aerts J. 和 Droogers P. (2009) 水务部门气候变化适应，pp. 87–108. *In: 水务部门气候变化适应*. Ludwig F.，Kabat P.，van Schaik H. 和 van der Valk M. (Eds). Earthscan 出版社：英国伦敦

Anandhi A. (2007)气候变化对印度河流域水文气象影响评估 IPCC SRES 方案博士论文. 印度科学院: 班加罗尔,印度

Assaf H.，van Beek E.，Borden C.，Gijsbers P.，Jolma A.，Kaden S.，Kaltofen M.，Labadie J.W.，Loucks D.P.，Quinn N.W.T.，Sieber J.，Sulis A.，Werick W.J. 和 Wood D.M. (2008)促进利益相关者参与水资源管理与规划的通用模拟模型:未来需求的比较、评价和确定. In: *环境模型、软件和决策支持:艺术状态与新视角*. Jakeman A.J.，Voinov A.A.，Rizzoli A.E. 和 Chen S.H. (Eds). Elsevier 综合环境评估发展系列. Elsevier Ltd. http://www.elsevier.com/wps/find/bookdescription.cws_home/716398/description

Bates B.C.，Kundzewicz Z.W.，Wu S. 和 Palutikof J.P. (Eds) (2008) 气候变化与水. 气候变化政府间专家小组技术文件，IPCC 秘书部:几内瓦，瑞士 http://www.ipcc.ch/ipccreports/tp-climate-change-water.htm

Cap-Net (2005a)水资源综合管理基本原则辅导. Cap-Net: 代尔夫特，荷兰 http://www.archive.cap-net.org/iwrm_tutorial/mainmenu.htm

Cap-Net (2005b) 水资源综合管理计划——培训手册和操作指南. Cap-Net: 代尔夫特荷兰http://www.cap-net.org/sites/cap-net.org/files/English%20version.doc

Cap-Net (2006) Capacity Building in Water to Support the Achievement of the Millennium Development Goals. Programme Strategy 2006–2010. Cap-Net: 代尔夫特，荷兰 http://www.cap-net.org/sites/capnet.org/files/Capacity%20building%20strategy,%201106.doc

Cap-Net (2008) 流域组织水资源综合管理——培训手册和协调者指南. Cap-Net: 比勒陀利亚，南非 http://www.cap-net.org/sites/capnet.org/files/RBO%20Training%20Manual%20Final.doc

Carter T.R.，Jones R.N.，Lu X.，Bhadwal S.，Conde C.，Mearns L.O.，O'Neill B.C.，Rounsevell，M.D.A. 和 Zurek，M.B. (2007) 新评估办法与未来各种条件的描述方法，pp. 133-171. 气候变化 2007: 影响、适应与脆弱性. 工作组II对政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献[Parry M.L.，Canziani O.F.，Palutikof J.P.，van der Linden，P.J. and Hanson，C.E. (Eds.)]，剑桥大学出版社: 剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter2.pdf

Carter T.R.，Parry M.L.，Harasawa H. 和 Nishioka S. (1994) IPCC 气候变化影响与适应评估技术守则,地理系，英国伦敦学院大学和全球环境研究中心，环境研究国家研究所: 筑波，日本 http://www-cger.nies.go.jp/publication/I015/972381-1.pdf

DFID- 英国国际发展部 (2006)事实清单 2006 年 11 月. Policy

分支信息序列. Ref No: PD Info 048，U.K.

Dessai S. 和 van der Sluijs J. (2007)不确定性与气候变化适应——范围研究.可持续发展与创新哥白尼研究所: 乌得勒支，荷兰

土地和水资源管理适应对话(2009) 气候变化适应土地和水资源管理内罗毕声名 http://en.cop15.dk/files/Docs/Other%20documentation/NAIROBI_STATEMENT.pdf

Edwards M. 和 Richardson A.J. (2004)气候变化对海洋浮游物候现象和热带不匹配的影响. 自然 430: 881-884

FAO (2007)农业、林业和渔业气候变化适应：观察、框架与优先事项. 联合国粮家组织 (FAO): 罗马，意大利 ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/j9271e/j9271e.pdf

Feenstra J.，Burton I.，Smith J. 和 Tol R.，editors (1998)气候变化影响评估与适应策略办法手册(第二版). 联合国环境计划 (UNEP): 内罗毕，肯尼亚 http://dare.ubvu.vu.nl/bitstream/1871/10440/1/f1.pdf

Fischlin A.，Midgley G.F.，Price J.T.，Leemans R.，Gopal B.，Turley C.，Rounsevell M.D.A.，Dube O.P.，Tarazona J.和 Velichko A.A. (2007) 生态系统、其属性、产品和服务，pp. 211-272. 气候变化 2007: 影响、适应与脆弱性. 工作组II对政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献(IPCC). [Parry M.L.，Canzianzi，O.F.，Palutikof J.P.，van der Linden P.J. 和 Hanson C.E. (Eds)]. 剑桥大学出版社: 剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter4.pdf

Forster P.，Ramaswamy V.，Artaxo P.，Berntsen T.，Betts R.，Fahey D.W.，Haywood J.，Lean J.，Lowe D.C.，Myhre G.，Nganga J.，Prinn R.，Raga G.，Schulz，M. 和 van Dorland R. (2007) 大气成分与辐射力量的改变，pp. 129-234. 气候变化2007: 物理科学基础.工作组I对政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献[Solomon S.，Qin D.，Manning M.，Chen Z.，Marquis M.，Averyt K.B.，Tignor M. and Miller H.L. (Eds)]. 剑桥大学出版社：剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf

GWP (2000).水资源综合管理. 技术背景文件 No. 4. http://www.gwpforum.org/gwp/library/Tacno4.pdf

GWP-TEC (n.d.) 气候变化适应与水资源综合管理– 初步总结. Policy Brief 5. <http://www.gwpforum.org/gwp/library/Policy%20Brief%205%20Climate%20Change%20Adaptation.pdf>

GWSP (2005). 全球水系统工各: 科学框架与实施活动. 报告 No. 3. 地球系统科学伙伴

Hughes L. (2000) 全球变暖生物学后果: 信号已经出现了吗? *Tree* 15: 56–61.

IPCC (2000) 排放方案. 政府间气候变化专家小组工作组III 特别报告. Nakićenović，N. and R. Swart，Eds. 剑桥大学出版社: 剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission

IPCC (2007a) 决策者总结，pp. 1–18. 气候变化 2007: 物理科学基础. 工作组I对政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献(IPCC). [Solomon S.，Qin D.，Manning M.，Chen Z.，Marquis M.，Averyt K.B.，Tignor M. and Miller H.L. (Eds)]. 剑桥大学出版社: 剑桥，英国. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf

IPCC (2007b) 附件 1: 术语表，pp. 941–954. 气候变化 2007: 物理科学基础. 工作组I对

政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献(IPCC). [Parry M.L.，Canziani O.F.，Palutikof J.P.，van der Linden P.J. and Hanson C.E. (Eds)]. 剑桥大学出版社: 剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-annexes.pdf

IPCC (2007c) 附录 I: 术语表，pp. 869–883. 气候变化 2007: 影响、适应与脆弱性. 工作组II对政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献(IPCC). [Parry M.L.，Canziani O.F.，Palutikof J.P.，van der Linden P.J. and Hanson C.E. (Eds)]. 剑桥大学出版社: 剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-app.pdf

Jansen E.，Overpeck J.，Briffa K.R.，Duplessy J.-C.，Joos F.，Masson-Delmotte V.，Olago D.，Otto-Bliesner B.，Peltier W.R.，Rahmstorf S.，Ramesh R.，Raynaud D.，Rind D.，Solomina O.，Villalba R. 和 Zhang D. (2007) 古气候，pp. 433-497. 气候变化 2007: 物理科学基础. 工作组I对政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献[Solomon S.，Qin D.，Manning M.，Chen Z.，Marquis M.，Averyt K.B.，Tignor M. and Miller H.L. (Eds)]. 剑桥大学出版社: 剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter6.pdf

Jaspers F. (2001) 水资源综合管理机构——培训手册. UNESCO-IHE: 代尔夫特,荷兰

Jonch-Clausen T. (2007) 水资源与气候变化: 达到千年发展目标的附加挑战 www.danishwaterforum.dk/Docs/2007/Climate-change_WaterManagement_TJC.ppt

Kabat P. 和 van Schaik H. (2003) 环境改变水务规则: 水资源管理者如何应对今天的气候易变性和明天的气候变化. 水资源与环境对话: 瓦赫宁恩，荷兰 http://www.waterandclimate.org/UserFiles/File/changes.pdf

Kabat P.，Schulze R.E.，Hellmuth M.E.，Veraart J.A. (Eds) (2003) 应对水资源管理中气候易变性与气候变化影响: 问题范围研究文件. DWC-Report no. DWCSSO-01 水资源与环境对话: 瓦赫宁恩，荷兰 http://www.waterandclimate.org/UserFiles/File/scoping.pdf

KOHS (2007) 气候变化对瑞士洪水预防的影响——瑞士水资源管理社团委员会意见书 (KOHS); German version published in: «Wasser Energie Luft» – 99. Jahrgang，2007，Heft 1，CH-5401 Baden

Kundzewicz Z.W.，Mata L.J.，Arnell N.W.，Döll P.，Kabat P.，Jiménez B.，Miller K.A.，Oki T.，Sen Z. 和 Shiklomanov I.A. (2007) 淡水资源及其管理，pp. 173–210. 气候变化 2007:影响、适应与脆弱性. 工作组II对政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献(IPCC). [Parry M.L.，Canziani O.F.，Palutikof J.P.，van der Linden P.J. and Hanson C.E. (Eds)]. 剑桥大学出版社: 剑桥，英国http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter3.pdf

Ludwig F. 和 Moench M. (2009)气候变化对水的影响，pp. 35–50. *In: Climate Change 水资源部门适应.* Ludwig F.，Kabat P.，van Schaik H. 和 van der Valk M. (Eds). Earthscan 出版社: 伦敦，英国

Manning M.R.，Petit M.，Easterling D.，Murphy J.，Patwardhan A.，Rogner H-H.，Swart R.，和 Yohe G. (Eds) (2004) IPCC 风险和选择的支持分析描述气候变化科学不确定性研讨会：研讨会报告. 气候变化政府间小组(IPCC)，日内瓦，瑞士http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/ipcc-workshop-2004-may.pdf

Milly P.C.D.，Betancourt J.，Falkenmark M.，Hirsch R.M.，Kundzewicz Z.W.，Lettenmaier D.P. 和 Stouffer R.J. (2008)平稳性死了：水资源管理萎缩? *Science* 319 (5863): 573–574

O'Reilly C.M.，Alin S.R.，Pilsnier P.-D.，Cohen A.S. 和 McKee B.A. (2003) 气候变化降低非洲坦喀尼噶湖水生生态系统生产力. *Nature* 424: 766-768

Pahl-Wostl C.，Jeffrey P.，Brugnach M. 和 Sendimir J. (2007) 适应性水资源管理: 如何应对不确定性. NeWater Policy Brief No. 4 http://www.newater.info/intern/sendfile.php?id=1181

Parry M.L.，Canziani O.F.，Palutikof J.P. 和 co-authors (2007) 技术总结，pp. 23–78. 气候变化 2007: 影响、适应和脆弱性. 工作组II对政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献[Parry M.L.，Canziani O.F.，Palutikof J.P.，van der Linden，P.J. and Hanson，C.E. (Eds.)]，剑桥大学出版社:剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-ts.pdf

PLANAT (n.d.) 瑞士自然风险.风险综合管理循环 http://www.planat.ch/index.php?userhash=87495823&l=e&navID=5

Purkey D.，Joyce B.，Vicuna S.，Hanemann M. 和 Dale L.，Yates D. 和 Dracup J.A. (2008) 未来气候变化对农业和其它部门用水影响的稳健分析: 萨克拉门托山谷案例分析. *Climatic Change* 87(1): 109–122 http://www.weap21.org/downloads/CCSacramento.pdf

Ravetz J. (2005) The post-normal sciences of precaution. *Water Science and Technology* 52: 11–17

Rosenzweig C.，Casassa G.，Karoly D.J.，Imeson A.，Liu C.，Menzel A.，Rawlins S.，Root T.L.，Seguin B.，Tryjanowski P. (2007) 自然和管理系统中观察到的变化与反应评估，pp. 79–131. 气候变化 2007: 影响、适应和脆弱性. 工作组II对政府间气候变化小组 (IPCC)第四次评估报告的贡献. [Parry M.L.，Canziani O.F.，Palutikof J.P.，van der Linden P.J. 和 Hanson C.E. (Eds)].剑桥大学出版社: 剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter1.pdf

Saunby M.气候变化混搭. 递交于罗马 Web2forDev 会议，2007 年 9 月. 气候变化 Hadley 中心 Met 办公室: Exeter，英国

Solomon S. D.，Qin M.，Manning R.B.，Alley T.，Berntsen N.L.，Bindoff Z.，Chen A.，Chidthaisong J.M.，Gregory G.C.，Hegerl M.，Heimann B.，Hewitson B.J.，Hoskins F.，Joos J.，Jouzel V.，Kattsov U.，Lohmann T.，Matsuno M.，Molina N.，Nicholls J.，Overpeck G.，Raga V.，Ramaswamy J.，Ren M.，Rusticucci R.，Somerville T.F.，Stocker P.，Whetton R.A.，Wood and Wratt D. (2007) 技术总结，pp. 19–91. 气候变化 2007: 物理学基础. 工作组I 对气候变化政府间专家小组第四次评估报告的贡献 [Solomon S.，Qin D.，Manning M.，Chen Z.，Marquis M.，Averyt K.B.，Tignor M. and Miller H.L. (Eds)]. 剑桥大学出版社:剑桥，英国 http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts.pdf

Stern N. (2006) 气候变化经济学:严肃观察. Cabinet Office – HM Treasury. 剑桥大学出版社: 剑桥,英国 http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm

Sullivan C.A. and Meigh J.R. (2005)使用综合指标办法关注当地脆弱性: 气候脆弱性指标样例. *Water Science and Technology – Special Issue on Climate Change* 51: 69–78

ten Brinke W.B.M.，Saeijs G.E.M.，Helsloot I. 和 van Alphen，J. (2008) 洪水风险管理中的安全链条办法. *Proceedings of ICE，Municipal Engineer* 161: 93–102

Toth F.L. 和 Hizsnyik E. (1998) 综合环境评估办法: 演变与应用. *环境建模与评估 3:* 193–207

UN (1992) 21 议程 –里约热内卢联合国行动计划 http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/index.shtml

UN (2002) 约翰内斯堡执行计划. 联合国 http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm

UN (2006) 联合国千年发展目标报告 (UN):纽约

UNDP (2004)气候变化适应框架 (APF): 制定策略、政策和措施. 联合国发展计划 (UNDP): 纽约http://www.undp.org/climatechange/adapt/apf.html

UNDP (2007) 气候变化适应: 不一样的发展. UNDP 简报. 联合国发展计划(UNDP): 纽约 http://www.energyandenvironment.undp.org/undp/index.cfm?module=Library&page=Document&DocumentID=6507

UNDP (2008) 人类发展报告 2007–2008. 应对气候变化: 分化世界里的人类团结. 联合国发展计划 (UNDP): 纽约 http://hdr.undp.org/en/media/hdr_20072008_en_complete.pdf

UNDP (2008) UNDP 和气候变化: 最新事实. 联合国发展计划 (UNDP): 纽约 http://www.energyandenvironment.undp.org/undp/indexAction.cfm?module=Library&action=GetFile&DocumentAttachmentID=2389

UNECE (2009)水资源与环境适应指南稿，TFWC/2009/2.跨境水道和国际湖泊保护与使用公约下的水资源与环境任务小组第二次会议提交. 联合国欧洲经济委员会 (UNECE) http://search.unece.org/b/trk?uid=31c9280cb8f51a0f&sn=38599608&ip=194.171.38.2&lgkKy=guidance+document+climate&rn=2&http://www.unece.org/env/water/meetings/wgma/2009/workplan-2010-2012-advance-draft.pdf

UNEP (1997) 拉丁美洲和加勒比海地区增加淡水替代技术源书. 联合国环境署 http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/techpublications/TechPub-8c/

UNEP (2009) 气候危险——最新IPCC报告普及指南. GRID Arendal. 联合国环境署 http://www.grida.no/_res/site/file/publications/ClimateInPeril.pdf

UNFCCC (2005) 脆弱性与适应评估手册. 联合国气候变化框架公约 (UNFCCC) http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/v_and_a/index.htm

UNFCCC (2006) 无害环境技术在气候变化适应方面的应用. 联合国气候变化框架公约 (UNFCCC) http://unfccc.int/resource/docs/2006/tp/tp02.pdf

UNFCCC (2007a)发展中国家气候变化:影响、脆弱性和适应 http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/txt/pub_07_impacts.pdf

UNFCCC (2007b)适应规划与实践研讨会报告.临时议程项目 3.气候变化影响、脆弱性和适应内罗毕计划 (FCCC /SBSTA/2007/15 25 October 2007)

UNFCCC (1994)联合国气候变化框架公约.第 4 款. 全文见: http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1362.php

UNISDR (2004)术语：减灾基本术语. http://www.unisdr.org/eng/library/lib-

terminology-eng%20home.htm

van Beek E. (2009) 现在环境易变性下的水资源管理，pp. 51–77. *In:水资源部门气候变化适应*. Ludwig F.，Kabat P.，van Schaik H. 和 van der Valk M. (Eds). Earthscan 出版社:伦敦,英国

WHO，UNICEF，WSSCC (2000) 全球供水和卫生评估 2000 报告. 几内瓦,瑞士

WMO (2003) 气候——进入 21 世纪. 世界气象组织 (WMO). 剑桥出版社: 剑桥，英国.

WMO (2004)洪水综合管理——概念报告. APFM 1 号技术文件，第二版. 世界气象组织 (WMO). http://www.apfm.info/pdf/concept_paper_e.pdf

世界气候计划 (2007)水资源规划水资源管理者对气候信息的需求专家会议. 瑞士日内瓦，2006 年 12 月 12-16 日. Final Report. WCASP-74. WMO/TD-No. 1401

World Bank (1993)水资源管理:世界银行政策文件. 华盛顿.

WSSD (1992)实施计划.世界可持续发展峰会 (WSSD). 8 月 26 日-9 月 4 日，2002. 约翰内斯堡，南非..
http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/summit_docs/2309_planfinal.doc

术语表

适应
自然或人类系统为响应预期气候刺激或效果进行的调整，藉此减轻危害或利用有利时机。适应分为很多类型，包括预期型、自动型 和规划型适应。

含水层
能聚集或者传递水的可浸透的岩石体。

大气
环绕地球的气体壳层。干燥大气包括几乎全部由氮和氧组成，并有少量其它气体，如二氧化碳和臭氧（IPCC 2007c）。

自动适应
这种适应不是对气候刺激做出的有意识的响应，而是由自然系统的生态变化或人类系统的市场或福利状况变化所引发的。也叫做自发适应。

生物燃料
从有机物或可燃植物油提取的燃料。生物燃料包括漆料、造纸过程中产生的黑液、木材和豆油等。

生物圈
地球系统的一部分，包括所有生态系统和大气中、土地上和海洋里活着的有机体，包括提取的死亡的有机物质（IPCC 2007c）。

碳存储
减缓二氧化碳排放对全球变暖的增进作用，其基础是截获从化石燃料电厂这样的大排放源产生的二氧化碳，使用这种方式，二氧化碳或许进而可以永久性的与大气隔绝。

气候变化
一段时间内气候的任何变化，无论是起因于自然易变性或是人类活动的结果。这个提法与联合国气候变化公约（UNFCCC）有所不同，后者将气候变化界定为“直接或间接与人类活动相关的气候变化，改变了大气组成或在可比时间段内观察到的自然气候易变性之外的变化”（IPCC 2007c）。

气候易变性
在个别天气事件这外所有时间与空间范围内，气候变化的平均状态和其它数据（如标准差、数据极值等）。易变性可能归结于气候系统内的自然内部进程（内部易变性），或自然或人力外部强迫中的变化（外部易变性）。

低温层
气候系统的一个部分，由所有地球表面及下面和海洋内的冰（包括永久冻土层）和雪。

去盐化
从水或者土壤（土壤去盐化）中去除任何过剩盐分和其它矿物质的过程。
http://en.wikipedia.org/wiki/Desalination - cite_note-1

蓄洪水库
一种暴雨管理设施，安装于或者临近河流湖泊支流，设计旨在预防洪水、在限时间段通过蓄水预防下游侵蚀。也被称作“干塘”，“蓄水池”或“干水库”。一些蓄水池也叫做“湿塘”，用于长时间永久蓄积一些水量。

干旱
笼统的说，干旱是“长时间没有降雨或者明显降雨不足”，“其不足造成一些活动或者一些群体的储备水短缺”或“一段非正常干旱天气因缺乏降雨充足延长，造成严重的水文失衡”（Heim，2002）。干旱有许多迹象：农业干旱与最上面 1 米多影响作物的土层（根区）的湿润度欠缺有关；扬名干旱主要是长时间缺少降雨；水文干旱和低于正常值的河流流量、湖泊与地下水位有关。大干旱指过长时间大面积干旱，持续时间比正常干旱要长的多，通常十多年。

生态系统
给定地区所有有机生物和它们的无生命（物理与化学的）环境形成的互动系统。生态系统有空间层级，可以包括整个地球、几个大洲（生物群区）或小型，分区良好的系统，如一个小池塘。

厄尔尼诺现象
周期性出现在厄瓜多尔和秘鲁沿岸的暖流，严重影响当地渔业。此海洋事件与印度洋和太平洋跨热带海洋表面压力模式和洋流格局有关，也被称作南方涛动。和其它大气海洋现象统称为厄尔尼诺南方涛动。在厄尔尼诺发生期间，盛行信风强度减弱，赤道逆流增强，导致印度尼西亚地区表面较热海水东流，盖过秘鲁寒流。这一事件对赤道太平洋地区的风向、海平面温度和降雨模式有极大影响。整个太平洋地区和世界许多地区气候都受到影响。与厄尔尼诺现象相反的事件被叫做拉尼娜现象（见下文）。

富营养化
水体（通常较浅）变得（自然地或通过污染）富于溶解养分，而水溶解氧则出现季节性不足的过程。

蒸发散量
地球表面水蒸发和植被水蒸发的综合过程。

反馈
各过程间的互动机制；初始过程引发第二个程序的变化，反过来又影响初始过程，此时产生反馈。积极反馈强化初始过程，消极反馈弱化初始程序。

暴洪
地势较低地区突然快速发生的洪水，与常规洪水不同。后者通常在引发洪水事件发生后的六小时内发生。暴洪通常由强降雨引起，随后有雷暴，飓风，或热带风暴。暴洪也可能在大坝垮塌后发生。

化石燃料
含有高浓度碳和碳氢化合物的燃料。通过死亡有机体长埋达 3 亿年的有机体的无氧分解过程生成的。化石燃料范围较广，包括碳氢比例较低的种类，如甲烷，也包括汽车中使用的液体石油，及几乎由纯碳组成的非挥发性物质，如无烟煤。

全球变暖
地球表面空气与海洋平均温度的上升。政府间气候变化专门委员会（IPCC）总结认为人为排放的温室气体是十二世纪中期以来出现的气温上升的主要原因，而太阳变化和火山爆发产生的变暖影响是从前工业时期到 1950 年，后来又造成了较小辐的降温效果。

温室效应
大气吸收红外线辐射使地球变暖的过程。通俗来讲，温室效应这一术语可以用于指称自然产生的温室气体引志的自然温室效应，也可以指称（人为）助长的人类活动排放的温室气体。

温室气体
大气的组成气体，包括自然的与人为产生的，在地表表面、大气层和云层发射出的红外辐射光谱内吸收或放射特定波长辐射；这一属性导致了“温室效应”。水汽（H_2O）、二氧化碳 (CO_2)，二氧化氮(NO_2)，甲烷 (CH_4) 和臭氧(O_3)是地球大气中的主要温室气体。京都议定书（见下文）涉及 CO_2，N_2O 和 CH_4，问题，以及六氟化硫（SF_6）、氢氟碳化合物（HFCs）和全氟化碳（PFCs）等温室气体问题（更多细节见第 2 章）。

水文循环
也称为水循环，描述的是地球表面及以下的水的持续运动情况。尽管地球上总体水平衡长时间不变，水的状态（液、气、固）在水循环的不同阶段发生变化。

水力发电
也叫做水电。是水的力量或移动过程中获得的能量。可为各种目的加以利用，如商业用电。

水圈
自然地理中将其界定为延续星球表面、下面或上面的综合水集体的区域，包括海洋、湖泊、含水层等。

京都议定书
京都议定书是 1997 年在日本东京举行的联合国气候变化框架公约（UNFCCC）缔约方第三次会议（COP）上通过的。包括有法律效力的承诺，及已经包括在 UNFCC 中的部分。议定书附录 B 中所包括国家（大部分是经济合作与发展组织（OECD）成员国及过渡经济体）同意减少温室气体人为排放（CO_2，CH_4，N_2O，HFCs，PFCs，和 SF_6），在 2008 到 2012 年这个承诺期至少减少到 1990 年水平的 5%。京都议定书在 2005 年二月 16 日生效。

拉尼娜现象
厄尔尼诺现象冷却阶段（或相反效应），这一时期，东太平洋冷池情况加剧，信风增强。

科学知识水平（LOSU）
这个指标有 4 个级别（高、中、低、很低），用于描述对影响气候变化的辐射强迫动因的科学知识水平。针对每个动因，这个指标对其力量估计的可靠性进行主观判断，这个过程包括一些因素，如对决定这个力量的物理/化学机制理解程度和量化估计不确定性的必要假设。

岩石圈
地球坚硬的外壳，包括地壳和上地幔顶部，可多达 80 千米深。

多目标衡量分析
在一个决策过程中为有许多目标的复杂问题研制出的评估办法。此法对社会、环境、技术、经济和金融标准进行了全方位的考虑。

非结构性措施
联合国国际减灾策略组织（UNISDR）将非结构措施界定为与与物理建筑无关，并使用知识、实践或减少风险与影响的协议的措施。尤其是通过政策、法律、公众意识提升、培训和教育实现的措施。

永久冻土层
永久冰冻土地，其气温总保持在 0°C 以下。

物侯学
对周期性出现的自然现象（如发展阶段、迁移）及其与气候和季节变化关系的研究。

透光层
海洋表层吸光部分。海洋最上面 80 多米，光照充足，浮游生物与植物可在此处进行光合作用，被称为光亮带。透光与光亮带厚度随光照强度变化，而后者是季节、纬度及水浑浊度作用的结果。最低或无光带是在透光层下面永久黑暗区，包括大部分的海水。

辐射
一个物体释放能量，能量穿越介质或空间，最终被另一物质吸收的任何过程。

辐射强迫
强迫发生的气候系统内部或外部变化引起的对流层净垂直辐照度变化，如二氧化碳浓度或太阳输出的变化（IPCC 2007c）。

雨水收集
雨水积累与存储。饮用水、生活和农业用水自给有余地区常采用这一方式。

复原力
社会或生态系统，在保持原有基本结构与功能方式的同时，消化干扰因素的能力，自我组织能力 和适应压力与变化的能力。

社会公平
在资源享用的所有方面的平等、公平与不偏颇，参与政治与文化生活的能力，及满足基本需要的自我决定程度。

时空分辨率
时间空间测量的精准度。

标准差
在可能性理论和数据学中，标准差指测量人口，数据级或可能性分布易变性或者分散状况的方法。标准差低说明数据点与平均值非常接近，高标准差说明数据是在圈套值载内分散开的。

结构措施
根据 UNISDR 定义，结构措施是指为了减少或避免危险的可能影响，或应用工程技术达到抵抗风险和结构或系统复原目的，而进行的任何物理建筑（UNISDR 2004）。

变温层
全球海洋一个区域，通常是 1 千米尝试，这里温度会随着深度变化迅速降低，是海面与海洋的分界线。

温盐环流
海洋大规模密度环流，由温度和盐浓度差引起的。

喜温
相对高温条件， 45 到 80 °C 之间 (113 和 176 °F 之间).

脆弱性
一个系统易受影响，不能应对气候变化的逆反效应的程度，包括气候易变性和极端事件。脆弱性是气候变化特点、范围和程度的一个函数，也是一个系统发生变化几率、其敏感性和适应能力的变化情况。

水生疾病
由病原微生物引起的疾病，与饮用污染水时会直接传播。

湿地
过渡性，常规性的淹水地区，其土壤排水能力较差，常位于水生与地面生态系统交界处，依赖雨水、地表水或地下水供应。湿地通常有大量存在的适应水饱和土壤条件下的植被。

缩略词

AOGCM	大气海洋全球环流模式
APF	适应政策框架
Cap-Net	国际水资源综合管理能力建设网络
CCIAV	气候变化影响、适应和脆弱性
CFCs	氟氯碳
CH_4	甲烷
CO_2	二氧化碳
CVI	气候脆弱指数
δD	重氢
DFID	英国国际发展部
FAO	联合国粮家组织
GCMs	全球环流模式
GHG	温室气体
GWA	两性平等与水问题联盟
GWP	全球水伙伴
H_2O	水
HEC	水文工程中心
IFM	洪水综合管理
IPCC	气候变化政府间专门委员会
IWRM	水资源综合管理
LDCs	最不发达国家
LOSU	科学认识水平
MDGs	千年发展目标
MFW	海洋与淡水
N_2O	氧化亚氮
NGOs	非政府组织
NAPAs	国家适应行动计划
ppm	百万分率
PR	两极地区
RBO	流域组织
RF	辐射强迫
SRES	排放状况特别报告
SWAT	土壤与水评估工具
TER	陆地的
UN	联合国
UNDP	联合国发展署
UNECE	联合国欧洲经济委员会
UNEP	联合国环境署
UNESCO-IHE	教科文组织水教育研究所
UNFCCC	联合国气候变化框架公约
UNICEF	联合国儿童基金会
WEAP	水评估与规划
WHO	世界卫生组织
WMO	世界气象组织

国际水资源综合管理
能力建设网络

办公地址：
Marumati 大厦; 491，第18大道
里特方丹，比勒陀利亚，0084

邮箱地址：
P.O. Box X03，Gezina，比勒陀利亚0031，南非

电子邮箱: info@cap-net.org
www.cap-net.org