



## 国际法委员会

### 第五十五届会议

2003年5月5日至6月6日和  
7月7日至8月8日，日内瓦

## 共有的自然资源：

### 特别报告员山田中正先生关于大纲问题的首次报告

#### 一. 引言

1. 首次报告 (A/CN.4/533) 的此份增编旨在从水文地质学家的角度概要介绍地下水资源。特别报告员在其首次报告中指出，委员会要处理的地下水的范围涉及两个以上国家共有，但《国际水道非航行使用法公约》第2条(a)款却未涵盖的水体，并且这种水体应暂且称为“封闭的跨界地下水”。<sup>1</sup> 但是，委员会必须确切知道此种地下水资源的范围，以便为了人类的利益，妥善规范和管理这些资源。委员会将拟订的法律准则必须易于水文地质学家和管理者的理解和执行。为了同具有渊博地下水资源知识的水文地质学家和管理者进行对话，特别报告员曾请联合国教育、科学及文化组织(教科文组织)国际水文方案的水文地质学家 Alice Aureli 提供协助。后者利用了国际共有含水层资源管理方案的专门知识。该方案由教科文组织与联合国粮食及农业组织(粮农组织)、联合国欧洲经济委员会(欧洲经委会)和国际水文地质学家协会(水文地质协会)共同协调。

2. 本增编根据下列专家提供的资料编写：Jacob Burke(粮农组织)、Bo Appelgren(国际共有含水层资源管理方案/教科文组织)、Kerstin Mechlem(粮农组织)、Stefano Burchi(粮农组织)、Raya Stephan(教科文组织)、Jaroslav Vrba(水文地质协会地下水保护问题委员会主席)、Yongxin XU(教科文组织地

<sup>1</sup> 首次报告 (A/CN.4/533)，第19段。



下水问题主席，南非 Western Cape 大学)、Alice Aureli(教科文组织)、Giuseppe Arduino(教科文组织)、Jean Margat(教科文组织)和 Zusa Buzas(国际共有含水层资源管理方案/欧洲经委会越境水域评估监测工作队)。<sup>2</sup> 特别报告员向所有这些提供资料 and 数据的专家深表感谢。但他对本增编的措辞和内容承担完全责任。

3. 地下水分布在整个地壳的各层含水系统中。地下水为地球提供了最大的淡水储存，超过了湖泊和水道中蕴藏的水量。地下水是对人类至关重要的资源。它往往是旱地、半旱地和小岛屿的唯一水源。地下水在保持土壤湿度、溪流径流、泉水的排放、河川基流、湖泊、植被和湿地方面发挥重要作用。一般而言，地下水分布广泛，开采费用较低，而且水质好，通常只需稍作预处理或无需预处理即可饮用。由于这些特点，在过去数十年中，地下水的使用迅速扩大，特别是在发展中国家。超过一半的世界人口依赖地下水作为饮用水，世界灌溉土地中约有 35%依靠对地下水的持续利用。

4. 本报告将处理下列问题：

基本名词；

地下水的特征，包括跨界含水层的特征；

世界地下水资源及其利用；

对该资源造成不利影响的根源和活动；

受到跨界抽水或跨界污染影响的共有地下水含水层的初步调查；

管理封闭地下水，特别是非再生地下水的社会、经济和环境方面；

关于国际水法的主要原则对于国际地下水是否够用的初步问题。

## 二. 封闭含水层与分离含水层

5. 特别报告员的打算是要处理封闭跨界地下水。委员会关于封闭跨界地下水的决议<sup>3</sup> 已含有“封闭”一词。委员会在该决议序言中将“封闭地下水”定义为“与国际水道不相连的地下水”。因此，委员会看来使用了“封闭”一词的

---

<sup>2</sup> 摘用了下列数据：A. Aureli、J. J. Burke、S. Burchi、S. Puri、B. Appelgren (ISARM Framework Document, 教科文组织, 2000 年)、A. Zaporozec 和 J. Miller (Groundwater Pollution, 教科文组织, 2000 年)、Igor Zekstr 和 Everet Lorne (同上, 2003 年)、Stephen Foster (W. B/GWMATE 1 号简报)、Regional Groundwater Reports. Natural Resources/Water Series 第 12 至 27 号, 联合国(1983-1990)、J. J. Burke 和 Moench, M. Groundwater and Society, Resources, Tensions And Opportunities, 联合国, 纽约(2000 年)。

<sup>3</sup> 《1994 年年鉴》，第二卷（第二部分），第 135 页。

“不相连”的含义。这不同于水文地质学家所使用的“封闭”定义。在水文地质学中，封闭含水层是指上层和下层均有不透水层或几乎不透水地层的含水层，其中所含的水体承载着压力。因此，封闭是指一种液压状态，而不是与地面水体相通或相连的问题。实际上，委员会所要指的不是水文地质学上的“封闭”含水层，而仅仅是指与地面水体不相连的地下水。在这个意义上，委员会使用“封闭”一词仅仅是为区分同地面水体不相连或与之分离的地下水，但这种地下水既可能是也可能不是严格液压意义上的封闭地下水。

6. 与地面水体相连的地下水可属于《国际水道非航行使用法公约》的范围。该公约适用于“国际水道”。“水道”是指“地面水和地下水的系统，由于它们之间的自然关系，构成一个整体单元，并且通常流入共同的终点。”“国际水道”是指“其组成部分位于不同国家的水道”。因此，地下水要想为该公约所涵盖，必须满足四项标准：(1) 它必须是一个地面水和地下水系统的一部分；(2) 该系统必须是一个整体单元的一部分；(3) 该系统必须通常流入共同的终点；(4) 该系统的组成部分必须位于不同国家。对于地下水，该定义提出了若干问题，在此不能详述。地下水通常不是流入共同的终点，而且“整体单元”标准更适合于地面水，而不是地下水。被排除在该公约范围之外的是与活跃地面水系统分离的含水层系统所含的地下水。此种含水层系统既可能是封闭的——即含有承载压力的水体，也可能是不封闭的。这些含水层中得不到实时补注的一种往往称为古含水层。如前所示，这些含水层可以承压或不承压。使这些含水层有别于其他含水层的是它们在现今气候条件下不可再生，而不是这些蕴藏的水体所承受压力的程度。

7. 古含水层可视为类似于石油和天然气的可耗尽资源。因此，委员会正在审议如何处理与地面水系统分离的含水层系统，并特别着重于其中称为古含水层的一种含水层。古含水层还应该用一种特别的法律制度加以规范，因为它们特别容易遭到污染和损耗。尽管这些含水层中的水体对世界上许多干旱区域至关重要，但由于含水层中几乎没有径流，它们一旦被污染就几乎无法清污。这对“显著损害”原则的适当性提出了疑问，并提出是否应适用更严格标准的问题。此外，这些水体只能在较短或较长时期内耗尽，法律应处理这种情况对公平和可持续利用的原则有何影响的问题。案文的其余部分涵盖一般意义的地下水资源，以便更全面介绍这一重要资源。在古含水层的具体特点值得特别注意之外，文中将予说明。

### 三. 地下水和含水层的特点

#### A. 一般特点

8. 地下水分布于含水层，或者更笼统地说，分布于能够产生可利用水量的水体的地质建造。很少含水层是均质的，其不同的地质状况决定了流经其各自岩

性和结构的地下水的性质。岩石类型的变化——例如，石灰石覆盖在沉积物和硬质结晶岩石上——会导致径流中断，并可能使地下水从两类岩石连接处流到地表。此时，地下水径流情况发生了最大变化。几乎所有地下水均来源于降水。降落到地表或汇集在地表上的雨水透过地面，经过非饱水带向下流动（图1）。雨水一旦抵达饱和层顶部，即潜水面，即对含水层系统进行补注，同时提高流体静压，并在含水层为封闭的不透水层所覆盖时引起压力变化。

9. 含水层系统构成储藏地球淡水的主要水库和战略后备（Shiklomanov 1998年）。但应指出，地下水中只有一小部分的回收在经济上是划算的，而且决定地下水资源利用的重要因素是地下水水位，而不是储藏的水量。地下水既可纵向流动，也可横向流动。这种流动是由于重力、高差和压差引起的。一般而言，在流体静压差的驱动下，地下水沿水力梯度流动，并最终排入溪流、湖泊、泉水及海洋。地下水流过含水层的速度十分缓慢，流速为每天零点几米或每年数米，而溪流径流的流速则为每秒数米。时空尺度是理解地下水系统和径流动态的关键现象。含水层系统由相互联系的分系统组成，主要由土壤/岩石环境的水文地质性质、气候条件、地形和地表植被所控制。应从补注区的渗透速率、过渡带和排泄区的地下水上升径流等方面研究含水层系统径流。在自然条件下，当补注和排放速率长期处于均衡时，即形成静态或动态平衡。一些含水层系统与地面水形成整体单元，而其他含水层则不是这样。在此，我们将储藏在封闭压力下，但由于地质结构的原因，不与某一具体水道连成一个整体单元的地下水视为不相连的封闭地下水。

## B. 含水层的特点

10. 一般而言，存在三类含水层（包括专属一国的含水层和跨界含水层）：

**浅含水层** - 通常分布在河积、冰川和风积地层及岩石风化带，大多为非封闭或半封闭含水层，而且极易受到损害，原因是非饱水带的厚度小并常常受到污染（可耕地下的浅含水层遭受大面积污染的情况常有记录）。浅含水层的特点是地下水的冲刷活跃，径流系统单一。这些含水层、特别是河积地带中的含水层普遍具有多孔透水性和较高的渗透系数。浅含水层的特点是停留时间较短，从数年至数十年不等，而且矿化程度低。常常有记载显示与地面水的相互作用（地下水排入溪流或池塘以及（或）地面水体，从地面水体过滤到邻近浅含水层）。不过，许多浅含水层与地面水没有直接接触，并通过泉水排放。这些系统也可由两国共有。通过简易的浅水井可以方便地提取地下水，而且费用较低，这已导致使用公用或家庭水井来广泛开发浅含水层的情况。

11. **深含水层** - 呈区域性分布，往往是封闭的，其脆弱性通常较低。不过，许多深含水层可以是非封闭的，而且可能由于非饱水带的渗透性而容易受到损害。由于地质状况各异，深含水层可能由具有横向和（或）纵向联系的若干不同数量级的地下水径流系统组成。深含水层中的地下水可以再生，流程比浅层

地下水系统远，并排入大河、大湖或海洋的沿海地区。深地下水流域并不总是与地面水汇水区相一致。在深含水层中，温度、压力和岩石与地下水的时空接触逐渐增加，地下水流速减慢。深含水层地下水的水龄为数十年至数百年。许多深含水层由两个或更多国家所共有。补注区在一国境内而排放区在另一国境内的含水层预期会导致潜在矛盾。可以观察到浅含水层和深含水层间的相互关系，特别是在岩石裂度高、具有裂缝渗透性的区域。

12. **古含水层** - 可视为脆弱性极低的非再生地下水资源。古地下水不是现时水分循环的一部分。对这些含水层的主要补注发生在上一个洪积期。在更湿润的条件下，这些含水层将可再生。关于古封闭含水层污染的记录极其罕见（例如，在深井钻探过程中）。富含氯化物、高度矿化的古地下水通常年代久远；其水龄可为数千年至数百万年不等。许多古含水层由两个或更多国家共有。不加控制地开采**跨界古含水层**可能会导致严重的政治和外交问题，特别是在缺水的干旱和半干旱地区。

### C. 国际含水层与跨界含水层

13. 为了拟订统一名词，建议对国际含水层和跨界含水层加以区别。如含水层属于地下水与跨界地面水发生相互作用的系统的一部分，则可视为国际含水层。对于具有水文联系的含水层与河流而言，如两种资源或其中一种资源跨越国界，整个系统便具有国际性质。只要与跨越国际边界的地面水体相连，即便完全位于一国领土内的含水层也可视为国际含水层（在满足联合国公约其他标准后将属于该公约的范围）。相比之下，跨界含水层是指本身跨越边界的地下水体。因此，跨界含水层可视为国际含水层的一个分类。古含水层必须是跨界含水层才能被视为国际共有资源，因为它们脱离了所有其他水体。

### D. 跨界含水层系统

14. 与连续沉积盆地相连的某些含水层可以绵延大片地区，从而跨越了国际边界。一般而言，跨界含水层的主要特点包括在地表之下存在一条跨越国际边界的地下水径流的自然路径。这种地下水从边界一侧流到另一侧，无论流速多么缓慢（图 2）。在许多情况下，含水层可能从边界一侧得到大部分补注，而大部分排放则在边界另一侧。正是由于这种特点才需要明智的治理和达成协议，以避免或尽可能减少有害的跨界影响，并确保照顾到有关国家的不同利益。在边界一侧抽取自然补注等活动会给边界另一侧的基流和湿地带来微妙影响。在大多数跨界含水层中，这些影响会是普遍的，并滞后数十年。直接排放的污染和陆地活动带来的污染也造成同样影响。可能要在许多年后才能通过监测发现这些影响。最近，在国际共有含水层资源管理倡议（教科文组织、粮农组织、欧洲经委会和水文地质协会）下发起了对世界主要跨界含水层的调查。

## 四. 世界地下水资源及其使用

15. 地下水的使用总量取决于各种因素，诸如人口、气候和水文地理条件、有无地表水资源及其污染程度。1950年至1975年期间，许多工业化国家迅速扩大对地下水的开发；1970年至1990年期间，大部分发展中国家也这样做。虽然没有系统的抽取和使用数据，但在全世界，估计在目前饮用水供应中地下水占50%，在自我供水的工业用量中占40%，在灌溉农业的用水中占20%。但是，每个国家的这些比例都很不相同。与地表水相比，地下水单位容量的使用往往带来很大的经济效益，因为能就地供应、保证旱季用水，加上质量上乘，不需多加处理（Burke和Moench，2000年）。通常的家庭用水包括饮用、煮饭、涮洗、洗衣和洗澡。如今，以全世界每年600-700立方公里的抽取量（Zektser和Margat，教科文组织，已付印），地下水是世界上取用最多的原材料：例如，它是亚洲农业绿色革命的基石，为欧洲联盟提供70%的自来水供应，在撒南非洲的大片地区维持着农村的生计（S. Foster，世界水资源开发报告，2003年）。在普遍缺水的旱地和半旱地，地下水在满足家庭和灌溉需要方面起着巨大作用。

### A. 欧洲

16. 对现有数据的分析表明，地下水在欧洲国家中是主要的公共用水来源，占该用途水资源总量的70%以上。农村人口和中小城镇的饮用水主要依靠地下水。总的来说，90%以上的大城镇完全靠地下水供水。供应工业用水的地下水占总抽取量的22%，包括某些国家的矿水排泄（例如德国、法国）。在工业中广泛使用地下水是德国、俄罗斯、法国和英国等国家的特点。

### B. 印度

17. 印度自吠陀时期就使用地下水，用了6000多年。地下水的灌溉能力从1951年的600万公顷增加到1997年的3600万公顷。对地下水资源造成的压力（也由于需水量增加）已带来抽取过量一类的问题，例如地下水位下降、海水侵入、质量退化。

### C. 中国

18. 在中国，地下水使用的部门分配情况如下：城市居民用水7.4%、城市工业用水17.5%、农村居民用水12.8%、农田灌溉54.3%、农村企业及其他8.0%。

### D. 北美

19. 地下水在加拿大的总用水量中不足5%（van der Leeden及他人，1990年）；然而，有600万以上的人，或人口的5%左右，靠地下水供给市镇和家庭用水。

(《Environment Canada (加拿大的环境)》，1997年)。这些用户中有三分之二居住在农村地区，其他人则主要在小城市。约50%的美国人口靠地下水提供家庭用水。自己提供饮用水的家庭中有95%以上靠地下水。美国的地下水使用从1950年到1980年一直稳步增长，自1980年以后略有下降，部分是由于提高了农工业用水的效率，改善了水的循环使用和采取了其他的节水措施。

## **E. 中美洲**

20. 在墨西哥和中美洲的大部分地区，地下水是重要的饮用水来源。在墨西哥，全国有三分之二的土地为沙漠和半干旱状况，地下水的使用极为广泛。地下水为尼加拉瓜提供大部分的家庭用水、饮用水和工业用水需要。哥斯达黎加、萨尔瓦多和危地马拉也大量使用地下水，而伯利兹、洪都拉斯和巴拿马不那么依赖地下水。在中美洲的大部分农村地区，80%以上人口的供水靠私人或市镇的水井系统。墨西哥和中美洲完全或主要用地下水供水的城市地区包括墨西哥的墨西哥城、危地马拉的危地马拉城、尼加拉瓜的马那瓜和哥斯达黎加的圣何塞。

## **F. 南美洲**

21. 根据最近联合国的估计，南美洲使用地下水主要是满足家庭和工业的需要。然而，比起现有的可再生资源，目前的地下水用量很少。该地区有足够的水，但是安全饮水的供应正在成为一个主要的社会-经济问题。

## **G. 非洲和中东**

22. 总的来说，地下水在北非（即阿拉伯国家）的开发过度。那些国家处在撒哈拉北边半干旱、干旱和极度干旱的地带。该地区的经济在很大程度上依靠地下水资源。北非和中东国家之下有大面积的含水层。在这些地区，地下水资源存在于跨界含水层系统中，由几国共同分享。在非洲潮湿的赤道和热带地区，地下水开发不多，因为降雨量充沛，加上主要河流及其支流都有大量的地表水。然而，这些地区的国家最近认识到，只有利用地下水资源，才能保证向小镇和农村地区提供安全的饮用水。在干旱和半干旱的南部非洲地区，迫切需要使用地下水为农村供水。除了北非以及西部非洲和南部非洲的几个国家外，非洲没有或极少有关于水的使用情况的充分和可靠的资料。缺乏规则和国家管制也是一个突出的问题。

## **H. 澳大利亚**

23. 1983年，澳大利亚每年的地下水使用总量约为2 460x10<sup>6</sup>立方米，相当于总用水量的14%左右。在澳大利亚，浅表含水层通常是使用最多的地下水资源，用于灌溉以及城市和工业的用水。一些地区大量使用地下水，特别是用于灌溉，致使某些局部的封闭含水层开发过度。地下水对澳大利亚大部分地区的畜牧业（牛羊）至关重要，采矿业也大量依靠地下水。

## 五. 对该资源造成不利影响的根源和活动

### A. 地下水质量

24. 地下水的价值不仅在于它广泛存在并可供利用而且在于它始终保持良好的质量，这使它成为饮用水的理想来源。“水质”一词指的是，相对于水的预定用途，它所具有的物理、化学和生物特点。而且，地下水比大多数地表水干净，因为土料可充当天然过滤器，将一些细菌和杂质从流经的水里过滤掉。大多数地下水没有悬浮颗粒，并且几乎没有细菌或有机物，通常是无色无嗅的。大多数溶解在其中的矿物质基本对身体无害，且浓度低，还可能会使水味更可口。由于认识到有些溶解物质或许不良甚至对身体有害，因而制定了饮用水标准。这些标准成为化学分析结果的评估基础，根据是否存在不良特性或物质（味道、气味、颜色、溶解固形物、铁等等）以及是否存在会造成不良生理影响的物质而定。造成不良影响的一个原因是含水层的大量开发。大量开发含水层会破坏平衡条件。地下水的大量使用会造成地下水枯竭和地下水质量下降。

### B. 地下水的污染

25. 鉴于地下水的多种用途，必须使它不受任何污染。虽然地下水比地表水不易受到污染，但地下水污染的后果要比地表水污染的后果历时长久得多。地下水的污染不易察觉，在许多情况一直到污染物实际出现在饮用水中才被发现，到那时，污染可能已经影响了大片地区。含水层系统受污染的难易程度取决于若干因素，包括土壤种类、非饱水带物质的性质和厚度、地下水的深度和含水层的补注情况。地下水污染指改变地下水的物理、化学和生物特性，使其不能适用于原先的用途或限制这种用途。污染地下水的物质可分为自然出现的物质和人类活动产生或引入的物质（图 3）（《地下水污染》，A Zaporozec，教科文组织，2000 年）。

26. 造成地下水污染的自然出现的物质包括铁、锰、有毒元素和镭。其中有些无多大害处，只不过造成不便，如铁和锰。但另一些可能对人的身体有害，例如有毒元素（像砷或硒），氟化物或放射性核素（镭、氡和铀）。砷在环境中分布很广并通常存在于硫酸化合物中。浓度在 0.01 毫克/升以上的砷毒性很高，大剂量会迅速致死。

27. 人类活动产生的污染物质主要包括有机化学品、农药、重金属、硝酸盐、细菌和病毒。如今最令人担忧的地下水污染（至少在工业化国家中）是有毒化学物的污染，特别是有机化学品。农业和林业使用的农药主要是合成有机化合物。农药一词包括为了控制、杀灭或减少昆虫和杂草而使用的任何物质（杀虫剂、除草剂和杀真菌剂）。许多杀虫剂的组成成分即使含量很少也毒性很高。

硝酸盐是污染农村地区地下水的最常见的一种可确认的物质。虽然硝酸盐相对来说没有毒性，但在某些条件下，可使婴儿患严重的血液疾病。与饮用水有关的最严重的危险是饮用水可能被人的排泄物污染，从而导致摄入危险的病原体。渗入污染也许是最常见的地下水污染机制。地表释放的污染物透过土壤基质中的孔隙渗入土壤，在重力作用下，向下移动，穿过非饱和带，一直到达饱和带顶部（潜水面）。污染物在进入饱和带（含水层）后，顺着地下水流的方向行进。不加控制地开发和抽取地下水也可造成地下水污染。当毫无控制地使用地下水大大超过含水层自然补注的速度时，含水层体系可能会受到负面效应的影响。有时，这还会导致土地沉陷，和导致咸水从深层地质构造或海里流入其中。在开发过度的沿海含水层，海水侵入是对地下水源始终存在的一个威胁。在自然条件下，那里的地下淡水在密度较高的海水之上保持着微妙的平衡。低质水往往能从河流和受污染的浅表含水层体系进入含水层的较深部位。

### C. 地下水的保护和管理

28. 可以设置监测水井，用来发现某项活动对地下水的污染，查明其范围，并预先发出污染水接近重要水源的警告。然而，净化工作很难而且很昂贵，往往需要很长时间。因此，主要的努力应该放在防止污染出现的工作上。用预防的方式保护地下水的费用通常要比发现污染后予以纠正的费用少得多。地下水资源很容易受人的影响，尤其在补注区，那里的水头高，水向下流。重要的饮用水水源可通过圈定保护区加以保护，对保护区内可能产生污染的使用和活动加以控制。补注区的人类活动（农业、工业、城市化、毁林）应受到控制，并应该通过有关条例部分或全面予以限制。但是，地下水保护政策应该充分适应不同的含水层体系。

### D. 地下水的跨界污染问题

29. 发生地下水污染的途径有渗入（污染物往下流入）、地表水的补注、直接进入和含水层分界面。渗入是造成浅含水层和非封闭深含水层污染的最常见的来源。通过土壤和非饱和带向下渗入的水形成沥滤液，其中可能含有无机或有机污染物。当到达饱和带时，污染物顺着地下水流的方向横向扩散并因重力而纵向扩散。当河水泛滥和靠近地面溪流的含水层的地下水水位因抽水而下降时，在亏水河可发生被污染的地表水补注到浅含水层的情况。低于地下水面的污染源（例如储存库、管道、废物处置场所的地下室）渗漏物直接进入地下水，尤其影响浅表含水层。污染物在地下水系统中的移动是一个复杂的过程，说明这一过程不是本报告叙述的目的，它取决于岩石的渗透性（孔隙、裂隙、岩溶）、污染物的特性、地下水的化学组成和控制污染物移动的过程（平流、机械性延散、分子扩散和化学反应）。各种污染源尤其影响浅表含水层和较深的非封闭含水层。深封闭含水层受污染影响的可能性则低得多，并主要发生在补注区。

然而，这种含水层可能会受到自然构成物质的污染，例如氟化物、砷、铜、锌、镉等。古含水层不会受到人的影响，但其矿化程度往往较高，且温度也较高。污染物的移动通常很慢，但在有裂隙的岩石，特别是岩溶岩石，污染物每天甚至可移动数米。在含水层长距离移动并造成跨界地下水污染的污染物有硝酸盐、烃油、轻非水相液体、重金属和放射性核素。

#### **E. 跨界浅表含水层污染问题**

30. 跨界浅表含水层的污染存在着几种情况。许多浅非封闭含水层是在河谷的河流沉积中形成的，污染物可随着地下水流从一国被带到另一国。地表水和地下水之间的水力梯度控制地表水从河岸渗入邻近的地下蓄水层的可能性，反之亦然。河道流量随降水量增减的程度反映着地表水和地下水水体的水头长期和短期的变化。在长期干旱期间，地表径流几乎完全取决于地下水（基流条件），河流的水质反映着含水层的水质。污染大多发生在河流沉积的地表，然后渗入含水层。被污染的地下水或许沿着河流的方向在浅表的含水层流动，或排入河川或其他地表水水体。不管哪一种情况，上游国家发生的污染都会影响下游国家的水质。应该用水质监测系统来发现这类跨界污染。在建立地下水水质监测系统时，永远必须考虑到水头的季节性变化。

31. 然而，当河流为亏水河，并出现地表水渗入的条件时，被污染的地表水渗入下面的浅表含水层的情况也可以发生在远离污染源的地方。由于河流沉积（大多为砾石和沙）的衰减能力较低，河流沉积无法保留或排除污染物质，造成浅表含水层被长期污染。因此，要查明国家边界地区的水质，必须对地表水和地下水都设计监测系统。在岩石风化地带、地势较高的河成阶地或风成沉积，有许多浅非封闭含水层，它们与地表水水体不直接连通，常常排放为泉水。但是，这种含水层往往只有较小的规模。在补注过程中和这种蓄水层的薄弱之处会发生污染，并可能沿着流径被带到很远的地方。探测污染的方法是泉水取样或使用浅表的监测水井。跨界污染的情况应该用浅表监测水井的方法予以查明。

#### **F. 跨界深含水层的污染问题**

32. 深封闭含水层的面积可达几百平方公里甚至几千平方公里。深含水层补注区的地下水是非封闭的，容易受到污染。如果出现污染情况，就会在承压含水层条件下，沿着径流横向流到很远的地方。大量取用含水层可能会加快污染物质在含水层中从补注区到排放区的横向流动。跨界深封闭含水层的污染应该利用位于边界地带的深层监测水井来加以确认，根据污染物的特性，水井必须深及含水层的上部或底部。由于深封闭含水层在一个国家的补注区可能比在另一个国家的排放区大几倍，蓄水层可能会枯竭，特别是如果没有控制取用含水层的措施的话。深含水层也可能是非封闭含水层，这就使输送和补注区容易受到污染。污染物质从上往下进入含水层的情况取决于土壤的特性以及非饱和带的

厚度和岩性。在多孔渗透条件下，羽状污染柱可能要很多年才能到达饱和层。然而，在裂隙渗透条件下和岩溶含水层，污染物质可很快到达含水层（数天或数月）。污染物在这些含水层中作横向运动的机制类似于封闭含水层的情况。对非饱水带和含水层的上部进行水质监测预警有助于在尚可控制和处理的阶段发现地下水污染的问题。

## G. 跨界古含水层的污染问题

33. 古含水层有着很好的地质环境保护，一般很不容易受污染，不常见到它们被污染。当因各种用途打钻深井（例如勘探井、废物处置深井），而又未对钻井过程加以控制时，污染物可通过井壳四周封口纵向渗漏进入古蓄水层。然而，许多跨界含水层会枯竭，特别是有采矿活动而且不可再生的地下水储存持续减少的话。全面控制跨界古含水层的抽取是一项非常有益而紧迫的任务。

## 六. 各国的国家地下水管理做法

34. 地下水资源管理必须在开采一项综合资源(从数量、质量及与地表水相互作用的角度)和对水的需求不断增长以及可能威胁到资源数量和质量的土地使用者态度之间达成平衡。在普通法系国家和在民法法系国家一样，对土地的所有权过去都习惯于把土地上的所有资源都吸收进去。但是，需求增加对高品质储备造成了越来越大的压力，因此地下水越来越被纳入了有关资源开采和利用的立法范围。另外，对地下水品质的威胁也促使人们制定法律，对直接和间接排放进行管制，以及预防和减少地下水污染。许多国家是通过颁布一项涉及所有水资源的基本水法来保护地下水的。基本水法中可能已经包含关于地下水的具体规定，也可以在以后再增加有关规定。芬兰、意大利、以色列、波兰、西班牙、联合王国和美利坚合众国就采用这种方法。包括法国、荷兰、罗马尼亚和土耳其在内的其他国家则通过了有关地下水的抽取率、井深和环境保护等多方面的特定管理条例，发展了对地下水的保护。有关地下水保护的主要司法管辖可以象墨西哥和埃及那样集中在国家一级，也可以象美国、印度和中国那样基本下放到各州或各省。在管辖权下放的情况下，中央政府一般保留对某些方面的权力，例如水最低品质标准，以确保各地方的一致性。地下水有效管理的关键之一是设立一个中央机关，负责地下水立法的贯彻执行。已经发展出了多种管制和非管制机制来保护地下水资源，使它们不会被过度抽取和受到污染。

## 七. 受到跨界抽水或跨界污染影响的共有含水层的初步调查

35. 墨西哥和美国的索诺拉-亚利桑那边境区(部分适用美国-墨西哥国际边界和水委员会 1973 年协定(会议记录 242))。此边境区涉及尤马梅萨含水层，在水文上属于科罗拉多河下游流域，但是紧张关系是由抽取地下水造成的。

**Hueco Bolson 含水层** (美国(德州)-墨西哥(奇瓦瓦))(没有协定)

**明布雷斯含水层** (美国(新墨西哥州)-墨西哥(奇瓦瓦))(没有协定)

总体上,在美国和墨西哥边境至少有 15 个跨界含水层(除了关于尤马梅萨的会议记录外,没有其他协定)。

**Araba-Arava 地下水区**(以色列和约旦):以色列和约旦 1994 年和平条约对该区进行了规定。这可以成为一个合作的例子。以色列和约旦之间真正的紧张关系是关于地表水的(约旦河及耶尔穆克河)。

**山区含水层**(以色列和巴勒斯坦)(发生实际冲突的案例)(《1995 年 9 月 28 日以色列和巴勒斯坦关于西岸和加沙地带的临时协定》。通过该协定设立了一个联合委员会,但它并没有解决本应在最后谈判中讨论的关于水的冲突的问题)。

**Disi 含水层**(约旦和沙特阿拉伯)(没有协定)

**区域性巴索尔特含水层系统(约旦和叙利亚)**。联合国-西亚经社会和德国联邦地球科学及自然资源研究所在两个国家之间发展了技术合作,确定了有关地下水资源可持续发展的信息;合作的产出是绘制了含水层地质图以及对普遍的水文地质条件进行了研究。在西亚经社会的敦促下,叙利亚签署了一份就含水层进行进一步合作的谅解备忘录,约旦也将签署。

**努比亚沙岩含水层系统**(埃及、叙利亚、乍得、苏丹)。2000 年签署了关于设立努比亚沙岩含水层系统管理局(日期不定)的协定以及两份关于含水层数据库和模型使用及利用的协定(在粮农组织归档)。

**萨哈拉北部含水层系统**(阿尔及利亚、利比亚、突尼斯)(没有协定,但是有关于设立蓄水层数据库和模型更新及管理的三方磋商安排的联合决定)(在粮农组织归档)。

**大陆终端含水层**(赞比亚和塞内加尔)(没有协定)

**瓜拉尼含水层**(阿根廷、巴西、巴拉圭、乌拉圭)(没有协定,但是正在开展一项全球环境基金项目。项目的主要目的是为含水层的管理和养护设计和落实一个共同机制框架。项目协定规定设立一个由四国代表(和一名南美共同体代表)组成的指导委员会)。

根据《1992 年联合国/欧洲经委会保护与使用跨界水道和国际湖泊公约》设立的联合国/欧洲经委会监测和评估任务组在欧洲调查并记录了八十九个跨界含水层(见《Inventory of Transboundary Groundwaters (跨境地下水清单)》)。Lelystad, 1999 年 9 月,第 181-283 页(在粮农组织归档)。但是,在这些含水层中,目前尚不清楚有多少处于抽采或污染的实际或预测压力之下。

## 八. 非相连地下水管理的社会、经济和环境方面：特别侧重于不可再生地下水

### A. 概况

36. 水资源分为两类：流动水资源和贮存水资源。使用流动水资源不会影响未来的水量，而利用贮存水资源则会。根据定义，古地下水是贮存水资源。对流动水资源的管理一般就是边际分析的一种简单应用。而另一方面，贮存的资源就象任何实物资本一样，其特点是最优使用需要考虑目前所作的决定对未来的影响(如风险或实用价值)。鉴于非相连或无关联地下水是一种具有连接特点的组合资源，因此与流动资源的联系比水文地质现实更紧密。但是，水的连接特点使得对水的管理变得更加复杂，这也可能是这一问题成为今日讨论中一个主要话题的原因之一。按照新古典主义的标准，水资源管理的目标是尽可能地实现水资源对社会的(短期和长期的)价值。但是，新古典主义的标准越来越让步于政治、进化、机制和经济等其他标准：进化进程和盛行的政治经济得到更大的认可，在现实中成为社会上决定如何分配资源的主宰。在封闭含水层中的古地下水可以是两个或多个国家共享的大型区域系统。古地下水变得可以直接度量并能够装箱，因此可以象其他被拥有的事物一样被占有并受法律管制。但这样过于简化了问题，可以度量并能够装箱并没有体现由于气候和环境条件变化而具有高风险和不确定性的复杂而不定的水文地质、社会、经济和政治的长期影响。目前水利学家和律师几乎没有任何手段来应对未来的不确定性。为弥补这一不足，需要设立机制，加强参与和交流，更加关注社会和环境对水的需求。但是实践证明，以政治意志来应对不确定性并在目前国际水协定谈判中加入例外条款及规定共担风险是有局限性的，因此有需要设立其他预防和解决冲突的机制。

### B. 非相连地下水资源：与科学和政策不确定性结合在一起的风险

37. 虽然没有——至少没有直接——与现代每年补注相关连，但是古地下水一般是封闭的、过度承压的，而且往往是自流的。人祸引起的风险与每年补注的、相连的地下水的风险正巧相同，不仅包括水资源等的不当转孔、井壁、井盖作业，过度抽采以及含水层间污染，还包括改变土地使用方式的影响，及对补注、压力盐碱化和水质造成的后果。虽然非相连地下水不易受到点污染源和非点污染源的影响，但是对部分古地下水的开采的突然扩大以及带来的废物排放可以产生大范围的负面环境影响(水污染、盐碱化和水涝)以及正面环境影响(可用水资源增加以及降低蒸发性损耗)。因此，与其他贮存式的自然资源开采类似，跨界协定的做法可以成为跨界非相连地下水联合管理和利用的重要手段之一。

### C. 伦理标准相对于科学标准

38. 虽然利用古地下水被长期定为是不可持续的，但是这一基于严格的水文地质安全产额的概念的严格态度最近有所放松，允许开采的范围不再是固定的，而是一个与社会、经济和环境价值有关的相对范围。人们越来越认识到水和其他资源管理方面的多数标准都是伦理标准，因为早期占统治地位的科学和实用标准会偏离并混淆立法者和公众从政治角度商定并基于伦理的意图。

## 九. 结论

39. 对地下水资源的描述一般表明：

- 跨界含水层(无论是浅非封闭、半封闭还是封闭的)都可以与国际地表水系统相连。
- 但是，可能有些跨界含水层并没有与国际地表水系统相连。
- 浅含水层一般比深含水层更脆弱(易被开采和受到污染)，但是所有(封闭和非封闭)含水层的补注区都是脆弱的。
- 与实时补注脱离的古地下水需要作为不可再生资源加以处理，并对其作出相应的规划。
- 如要对含水层进行管理及公平分配，则需要定期对其进行评估和监测。
- 地下水发展政策需要考虑对地下水和地表水的联合使用，对所依附的生态环境的影响，与土地使用规划的协调以及与社会政策和文化实践的关联。

40. 地下水——尤其是古地下水——会被耗尽和会受到污染，因此需要制定包含比地表水更严格的使用和预防污染标准的国际法规范。

## 附件一

### 本报告使用的名词

**含水层：**能够产生可开发水量的可渗透含水地层。

**封闭含水层：**上层和下层均为不透水层或几乎不透水的地层覆盖的含水层，其中储藏的地下水处于封闭压力下。

**非封闭含水层：**地下水面处于大气压力下并且可以补注的含水层。

**古地下水：**没有任何补注或者补注率极低，并可视为非再生的地下水。

**地下水：**分布在地面以下的任何水体。

**地下水资源：**在一段时间内可从一定体积的土地或水体中取用的地下水量。

**地下水面：**孔隙水压等于大气压的饱和层的上限。

**地下水脆弱性：**取决于对人类和（或）自然影响的敏感性的地下水系统的固有性质。

**国际地下水：**跨越国际边界的地下水，或是属于一个其组成部分位于不同国家的地面水和地下水系统的地下水。

**补注：**降水和地面水向下渗滤到地下水面补充地下水的过程。

**地面水：**流动或储存在地表的水体。

**跨界地下水：**跨越国际边界的地下水。它是国际地下水的一个分类。

**非饱水带：**孔隙和裂缝中含有空气和水分的地表下土壤。

## 附件二

### 个案研究

#### A. 各国在地下水管理方面的做法以及对地下水造成不利影响及其原因的个案。中东的实例：约旦、叙利亚和黎巴嫩

##### 地下水资源

位于干旱和半干旱带的中东国家地面水有限，对其地下水资源的依赖度高。

在介绍的三个国家中，约旦的水资源十分有限（世界上人均水资源最少的国家之一），其大部分水资源由可再生和不可再生含水层中的地下水组成。已找到十三个地下水盆地，其中两个是不可再生的（Al-Jafer 和与沙特阿拉伯共有的 Disi 含水层），两个（除 Disi 之外）与其他国家共有（分别与叙利亚和以色列（Wadi Araba）共有）。

叙利亚有七个主要的地面水流域（其中六个是主要的国际河流，如底格里斯河和幼发拉底河），分别由七大总局负责。没有关于地下水水量和水质的可靠数据。与其他水文盆地相比，在一些盆地中，地下水的重要性更大，其中有些可再生，有些不可再生。

黎巴嫩国土的 65% 是岩溶土壤，水分渗透快。但是，这种水体中只有一部分储存下来，有一些重新作为地面水（泉水）出现，其余则从地下流入海洋或邻国。

##### 地下水规章

在所有三个国家中，水或是属于公产（叙利亚和黎巴嫩），或是为国家所有（约旦）。因此，地下水的抽取和使用是通过法律或规章加以规范的。打井需得到许可证。该许可证还规定了可以抽取的水量及其用途。约旦水利和灌溉部还制订了地下水管理政策，阐述了该国政府开发、保护和管理该资源的政策和意图，并列出了所需的措施，以便使各可再生含水层的年度抽水量符合每一个的可持续速率。

##### 地下水的使用

与中东大多数其他国家一样，农业是最大的用水部门。约旦、黎巴嫩和叙利亚将 75% 至 80% 的水资源用于灌溉，并严重依赖地下水。

在叙利亚，目前所有灌溉地中有 60% 用地下水灌溉，使用的是私人拥有和开凿的水井。尽管制订了规范农业用地下水的规章并规定打井需得到许可证，但该国水井总数中几乎有 50% 是非法的，因而导致严重的过量开采和污染问题。抽取量往往超过补注量，因此有若干盆地出现水位下降，对泉水径流等地

面水源造成重大影响。由于过量抽取，沿海地区的地下水正遭受海水侵袭。不可再生资源的开采在一些盆地特别显著。

约旦的状况十分类似。高原上的私人农场使用采自私人水井的地下水进行灌溉。高原灌溉面积从 1976 年的 3 000 公顷扩大到目前估计的 33 000 公顷，占地下水使用量的大约 60%。另有 5 000 公顷土地由 Disi 地区的不可再生地下水灌溉。地下水的抽取量超过安全出水量，导致水位显著下降和含盐度增加，泉水干涸，水位和水质下降。规范地下水管制的规章亦执行不力。即便取得了打井许可证，大多数水井并不遵守允许抽取的水量（毁坏的仪表）或抽水的深度。

在黎巴嫩，大多数水井都是非法开凿的。过量抽水已导致上文提到的在叙利亚和约旦发生的同样问题。在贝卡谷地，地下水面已从 1952 年的两米下降到今天的 1.60 米。

## **B. 个案研究：努比亚沙石含水层系统**

努比亚沙石含水层系统分布于东北非撒哈拉东部干旱地区的大片地方（图 1）。它由四个国家共有：乍得、埃及、利比亚和苏丹。对该系统的研究涵盖大约 220 万平方公里的区域。努比亚沙石含水层中的储水量巨大；水量估计达 457 000 立方公里。该含水层系统属于跨界深层封闭含水层系统，含有不可再生的地下水资源。

在过去三十年中，埃及、利比亚和苏丹都曾分别试图开发努比亚沙石含水层及其上层的旱地。七十年代初以来，三国均表示愿意在研究和开发这些共有资源中开展区域合作。它们商定组建一个联合管理局来研究和开发努比亚沙石含水层系统，并商定寻求国际技术援助，以便设立一个区域项目，用以制订利用努比亚沙石含水层系统的区域战略。

为确保可持续开发和不断的区域合作，以促进努比亚沙石含水层的妥善管理，四国认为必须交流资料，对含水层进行区域监测，并交流关于该共有资源状况的最新资料。因此，这四个国家的国家协调人于 2000 年 10 月签署了两项协定，并随后于 2001 年 1 月得到联合管理局的核可。

图 1  
水文地质循环

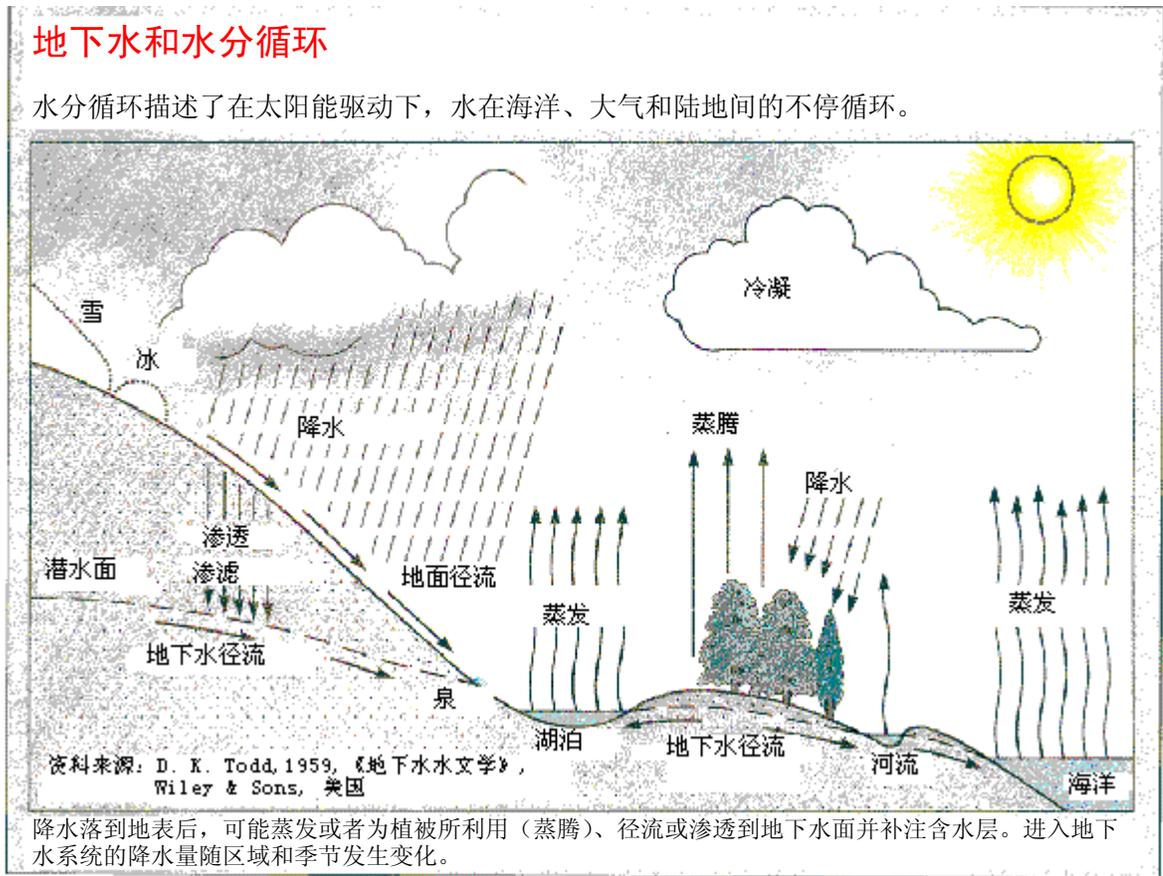


图 2  
跨界径流（2001 年国际共有含水层资源管理框架文件）

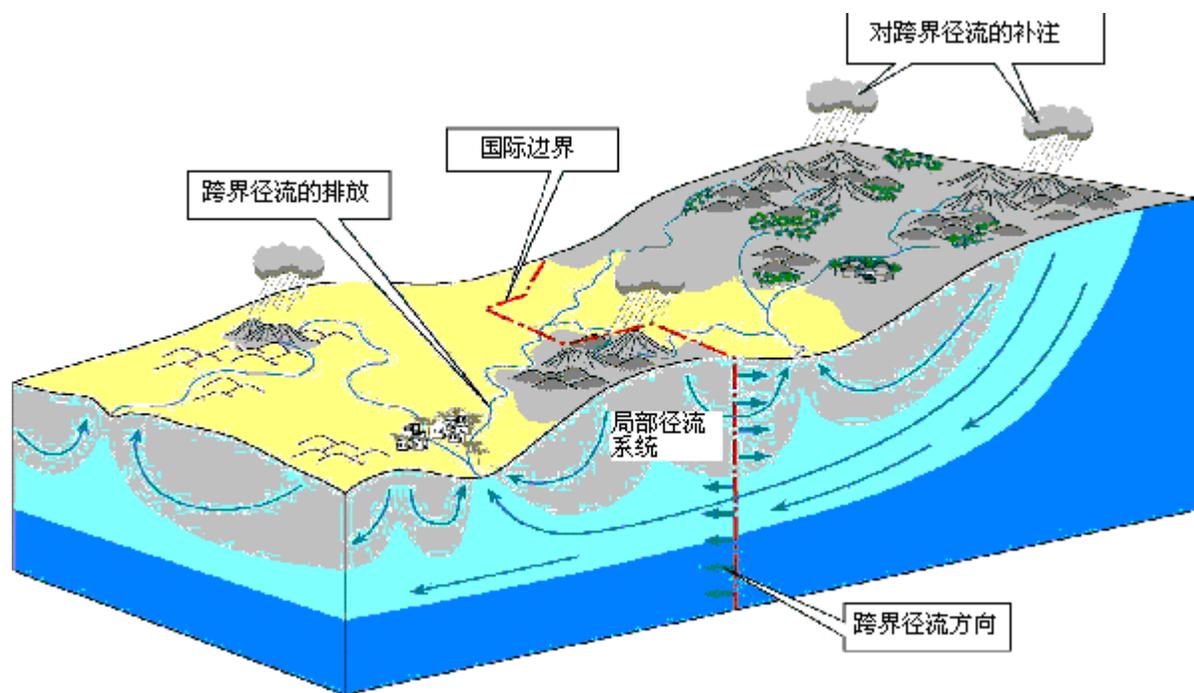


图 3  
地下水污染（《地下水污染》，A Zaporozec，教科文组织，2000 年）

