

6

气候变化减缓措施与水

6.1 引言

气候变化减缓措施与水之间是一种互惠的关系。减缓措施能够影响水资源及其管理，而且在制定和评估减缓选择方案时认识到这种关系是重要的。另一方面，水资源的管理政策和措施影响温室气体(GHG)排放，因此影响相关行业的减缓措施；当对气候变化减缓进行评价时对水系统的干预也许会起到反作用。

IPCC第三工作组的第四次评估报告(减缓主题)在涉及减缓的问题时讨论了下列七个行业：能源供应、交通及其基础设施、民用和商用建筑、工业、农业、林业和废弃物管理。由于水问题并不是该报告的重点，所以仅仅提及了水与气候变化减缓的一般关系，而且大部分内容都是定性的。不过IPCC的其它报告，如《第三次评估报告》也包括关于这一问题的信息。

具体行业的减缓措施对水有不同的影响，以下各节将对这些影响作了解释(另见表6.1)。各小节标题中括号内的数字对应的是表6.1中各种做法或针对具体行业的减缓选择。

6.2 针对行业的减缓

6.2.1 二氧化碳的捕获和封存(CCS)(见表6.1的(1)项)

二氧化碳(CO₂)捕获和封存(CCS)是将CO₂从与工业和能源有关的来源中分离出来，输送到某个封存地并长期与大气隔离的过程。将CO₂注入可渗透地层的空隙和断层可取代原位液，或CO₂可溶解于原位液或与之混合或与矿物颗粒发生化学反应，或也许是上述综合过程。由于CO₂在地层中流动，其中一些将会溶解到地下水中。一旦CO₂溶解于地下液体，它将随区域地下水流动。来自泄漏的注入井、废弃矿井和整个断层的泄漏以及无效俘获层造成的CO₂泄漏可能会降低地下水质量；CO₂重新释放到大气中也可能造成局地的健康和安全问题。[CCS SPM, 5.ES]

应当指出，在这一点上，对这种碳固化概念的实用性、后果或无意的后果尚无全面而深入的见解。要避免或减轻上述影响，则需要认真选址、有效的规范性监督管理、相关的监测计划和实施补救方法，以终止或控制CO₂的泄漏。[CCS 5.ES, 5.2]

6.2.2 生物能源作物(2)

生物能通过使用替代化石燃料可产生减缓效益。[LULUCF 4.5.1] 但是，大规模生物燃料生产在若干问题上产生了疑问，其中包括对化肥和农药的需求、营养物循环、能量平衡、对生物多样性的影响、水文与水土流失、与粮食生产发生冲突以及所需财政补贴水平。[LULUCF 4.5.1] 特定能源作物的能源生产和GHG 减排潜力均取决于土地的可用量，还必须满足粮食需求以及满足自然保护、土壤和水储量可持续管理的需求以及其它可持续性标准。各种研究得到不同的有关生物质对未来全球能源供应的贡献潜力，在2050年其范围从不到100 EJ/年一直到400 EJ/年不等(Hoogwijk, 2004年; Hoogwijk等, 2005年; Sims等, 2006年)。Smeets等(2007年)指出，考虑到预估的农牧业科技进步，在不影响世界粮食供应的情况下，在目前的农业用地上种植能源作物的最终技术潜力将达到800 EJ/年以上。各项研究的差异主要集中在对土地可用量、能源作物产量和农业效率变化的假设。那些给出最大预估潜力的研究假设，不仅仅利用退化的/多余的/土地，还利用现有用于粮食生产的耕地，包括牧场用地(如Smeets等, 2007年)[WG III 8.4.4.2]。

在某些情况下，旨在减少温室气体的农业耕作方式会加大用水，因而减少了河流量或地下水储量(Unkovich, 2003; Dias de Oliveira等, 2005年)。例如，高生产率的、四季常青的、根深的生物能作物的水用量一般高于它们所替代的原地表植物(Berndes和Börjesson, 2002年; Jackson等, 2005年)。由于施用的用药和化肥增加，某些耕作方式也许会影响水质(Machado和Silva, 2001年; Freibauer等, 2004年)[WG III 8.8]

农业将产品转为它用(如生物能源作物)的减少温室气体的做法也许会导致其它地方的森林变为耕地。反之，提高现有耕地的生产率也许能够使某些森林或草原“免遭”厄运(West和Marland, 2003年; Balmford 等, 2005年; Mooney等, 2005年)。此类在生物多样性的取舍和其它生态系统服务的净效应尚未完全量化。(Huston和Marland, 2003年; Green等, 2005年)。[WG III 8.8]

如果生物能作物种植选址合理、设计和管理得当，也许能够减少营养物渗透和土壤流失，并产生额外的环境条件，例如，土壤碳积累，改良土壤肥力，以及从土壤或者废弃物中去掉铬和其它重金

表 6.1: 针对具体行业的减缓选择(或其后果)对水质, 水量和水位的影响。对水的有利影响用[+]表示; 不利影响用[-]表示; 影响不确定用[?]表示。圆括号中的数字既指注释的编号, 也指第6.2节中各小节的编号。

水方面	能源	建筑业	工业	农业	林业	废弃物
水质						
化学/生物	CCS ⁽¹⁾ [?] 生物燃料 ⁽²⁾ [+/-] 地热能源 ⁽⁵⁾ [-] 非常规油 ⁽¹³⁾ [-]		CCS ⁽¹⁾ [?] 污水处理 ⁽¹²⁾ [-] 生物质发电 ⁽³⁾ [-/?]	土地利用变化和管理 ⁽⁷⁾ [+/-] 耕地管理(水) ⁽⁸⁾ [+/-]	造林(汇) ⁽¹⁰⁾ [+]	固体废弃物管理; 污水处理 ⁽¹²⁾ [+/-]
温度	生物质发电 ⁽³⁾ [+]			耕地管理(减耕) ⁽⁹⁾ [+/-]		
水量						
可用水量/需求	水力发电 ⁽⁴⁾ [+/-] 非常规石油 ⁽¹³⁾ [-] 地热能源 ⁽⁵⁾ [-]	建筑耗能 ⁽⁶⁾ [+/-]		土地利用变化和管理 ⁽⁷⁾ [+/-] 耕地管理(水) ⁽⁸⁾ [-]	造林 ⁽¹⁰⁾ [+/-] 避免、减少毁林 ⁽¹¹⁾ [+]	污水处理 ⁽¹²⁾ [+]
流量/径流/回灌	生物燃料 ⁽²⁾ [+/-] 水力发电 ⁽⁴⁾ [+/-]			耕地管理(减耕) ⁽⁹⁾ [+]		
水位						
地表水	水力发电 ⁽⁴⁾ [+/-]			土地利用变化和管理 ⁽⁷⁾ [+/-]		
地下水	地热能源 ⁽⁵⁾ [-]			土地利用变化和管理 ⁽⁷⁾ [+/-]	造林 ⁽¹⁰⁾ [-]	

- 注:
- (1) 地下的碳捕获和封存(CCS)对地下水的水质构成潜在的风险; 深海存储(水深3,000米和几百米泥沙以下)似乎是最安全的选择。
 - (2) 扩大生物能源作物和森林可能会造成负面影响, 如水需求增加, 地下水受污染和促进土地利用的变化, 从而间接影响水资源; 和/或通过减少养分流失、土壤流失, 径流和下游淤积而产生有利的影响。
 - (3) 生物质发电: 总体而言, 提高可再生能源的比例(与化石燃料发电厂相比)意味着减少冷却水排入地表水。
 - (4) 任何特定的发展需要考虑环境影响和水力发电的多种效应, 它们可能是有利的或是负面的影响。
 - (5) 地热能源的使用可能会造成污染, 地面沉降, 在某些地区甚至需要现有水资源。
 - (6) 采用不同的方法和措施(有利和不利的的影响皆有)可降低建筑业的能耗。
 - (7) 土地利用变化和管理能够影响地表水和地下水的数量(如, 通过增加或降低养分和农药的溢出)和(局地)水分循环(如, 用水量增加)。
 - (8) 出于减缓的农业耕作方式可对水保护及水质有正负两方面的影响。
 - (9) 减耕可以促进用水效率的提高。
 - (10) 造林一般可提高地下水的水质和降低土壤流失。这影响了流域和区域水分循环(平滑水文曲线, 从而减少径流和洪水)。一般而言, 造林有更好的流域保护作用, 但以牺牲地表水量和含水层回灌为代价, 这在干旱和半干旱地区是至关重要的。
 - (11) 停止/减少毁林和森林退化可保护水资源和防止洪水, 减少径流, 控制水土流失, 减少河流的泥沙淤积。
 - (12) 各种废弃物管理和污水控制和处理技术既可减少温室气体排放量, 同时对环境产生积极的影响, 若设施设计或管理不当, 它们可能造成水污染。
 - (13) 由于传统石油供应逐渐稀缺和开采成本增加, 非传统液体燃料将变得更有经济吸引力, 但是这被更大的环境成本(水需求高; 卫生费成本)所抵消。

属。它们也许也能增加营养物的再循环，有助于处理富营养的污水和污泥，并提供在农业背景下的生物多样性栖息地(Berndes和Börjesson,2002年; Berndes等,2004年; Börjesson和Berndes,2006年)。[WG III 8.8]在获得生物燃料的植树造林情况下，通过适当的项目设计可避免对环境产生的不利影响。环境效益包括减少土壤退化，水径流，下游泥沙淤积和俘获受到污染农业径流等。[LULUCF表 4.21]

6.2.3 生物质电能 (3)

非水力可再生能源供应技术，尤其是太阳能、风能、地热和生物质能源目前只占全球供热和供电总量的很小一部分，但是增长是最快的，尽管起步较低。由于成本以及社会、经济和环境障碍限制了生物质发电的发展。[WG III 4.ES]就生物质发电的特殊情况而言，所有生物质发电均需要有农业和林业作物的秸秆[WG III 第8章和第9章]的生物质需要有目的的种植，因此可能会受到可用土地和可用水量的限制。虽然存在很大的不确定性，但是根据分析预计，到2030年所有地区应该有充足生产来满足432 TWh/年的新增需求。[WG III 4.4.4]总体来看，生物质发电替代化石燃料发电将会降低排放到地表水流的冷却水的用量。

6.2.4 水力发电 (4)

像水力发电这类可再生能源系统能够对能源供应安全和环境保护做出贡献。但是，建造水电厂也许会对现有江河的生态系统和渔业造成生态影响，这是由于河流体系(自记水位计)发生变化和蒸发造成的水损失(水坝电站)所致。而且社会干扰也是一种影响。最后，用于航运的可用水量(水深)可能出现问题。有利的影响包括水流调节、防洪、旱季提供灌溉用水。另外，水力发电不需要冷却水(而热电厂则需要冷却)，或像生物燃料作物生长需要水那样。全球75%的水库用于灌溉、防洪和城市供水方案，许多水库能够进行小规模水力发电改造，而不会影响环境。[WG III 4.3.3]

大型(>10 MW)水力发电系统在2004年的消费能源中超过2,800 TWh，占全球发电量的16%(占可再生能源的90%)。在建的水力发电项目一旦完工可使水力发电量增加约4.5%的份额，部署新项目能够在经济上再增加6,000 TWh/年或更高的电力，主要是在发展中国家。利用更强和更高效的涡轮机设计改造现有电厂对任何规模的电厂都是有成本效益的。[WG III 4.3.3.1]

小型(<10MW)和微型(<1MW)水力发电系统通常是河流发电方案，这类系统为发展中国家许多农村

社区提供电力，如尼泊尔。它们目前的发电量是不确定的，预测从4 TWh/年到250 TWh/年之间不等，占水力发电总量的9%。全球小型和微型水力发电的技术潜力约为150-200 GW，因为仍然有许多尚未开发的地点资源。[WG III 4.3.3.1]

在任何具体的开发时需要对水力发电的许多效益进行评估，其中包括灌溉和水供应资源的形成、高峰或间歇性可再生能源对电网需求波动的迅速响应、休闲湖泊、洪水控制以及负面影响等。[WG III 4.3.3.1]

6.2.5 地热能 (5)

地热资源早已被直接抽取用于城市供热，工业加工，民用水和场所供热，娱乐和浴疗的应用。[WG III 4.3.3.4]

天然蒸汽的地热场所很稀少，大部分是蒸汽和热水的混合水，这要求单或双闪蒸系统分离出热水，然后可以在二元厂或直接供热使用。重新注入水流保持水库的恒定压力，从而延长场所使用寿命，并降低了对环境造成影响的关切。[WG III 4.3.3.4]

与地面沉降，热提取率超过自然补充(Bromley和Currie, 2003年)，化学物质(如砷)污染水道，以及相关的二氧化碳的排放已导致一些地热发电厂许可证被拒绝。这些问题通过重新注水技术可能在一定程度予以解决。更深层的钻探技术可以帮助发展广为丰富的干热岩，在岩石中将水注入人为开凿岩体，从蒸汽中提取热量。然而，这意味着需要利用现有的水资源。[WG III 4.3.3.4]

6.2.6 建筑物的能源利用 (6)

蒸发制冷作为一项减缓措施意味着可以大幅度减少居民住宅的年度制冷能耗。但是这类制冷会给现有水资源带来更大的压力。可以通过不同措施降低建筑物制冷耗能，例如，通过建筑物造型和朝向降低制冷负荷。如果是在用水制冷的情况下减少这些能耗就意味着降低了水的需求。[WG III 6.4.4]

6.2.7 土地利用变化与管理 (7)

根据IPCC的LULUCF良好做法指南，有6个尽可能广泛的土地利用类别：林地，耕地，草原，湿地，居住地以及其它用地。土地利用变化(如退耕还草)会造成碳储量的净变化和对水资源的不同影响。对于退耕还林以外的土地利用变化(如第6.2.10节所述)，IPCC以前的文件几乎没有提到它们对水

资源的影响。恢复湿地是农业中的一个主要减缓做法[**WG III 8.4.1.3**]，它会改善水的质量和减少洪涝灾害。[**LULUCF 表 4.10**] 搁置是第三工作组确定的另一个减缓做法，它可能对水源保护和水质有正面的影响。[**WG III 表 8.12**]

旨在减缓气候变化的土地管理做法也可能会对水资源产生不同的影响。许多为了保护土壤碳的做法(减耕，增加植被，更多地利用多年生作物)也可以防止水土流失，对改善水和空气质量产生可能的效益(Cole等，1993年)。这些做法也可能有其它潜在的不利影响，至少在某些地区或条件下。可能造成的影响包括：在减耕情况下由于养分或农药渗透造成地下水污染加剧(Cole等，1993年；Isensee和Sadeghi，1996年)。但这些可能产生的不利影响没有得到广泛的证实或量化，以及这些不利影响也许抵消碳固化产生环境效益的范围是不确定的。[**WG III TAR 4.4.2**]

一套被称为农业集约化做法(Lal等，1999年；Bationo等，2000年；Resck等，2000年；Swarup等，2000年)，其中包括加强生产和植物源残留物对土壤的投入(轮作休耕，减少裸露耕地，覆盖作物，高产品种，病虫害综合管理，充分施肥，有机肥补偿，灌溉，水表管理，定点管理等)具有许多附加效益，其中最重要的是提高和维护粮食生产。环境效益包括控制水土流失，水源保护，提高水质，减少水库和水道的淤积。不加区别地利用农业投入和灌溉用水可使土壤和水质量受到不利影响。[**LULUCF 事实 4.1**]

旨在有效使用化肥的养管理对水质有正面的影响。[**WG III 表 8.12**] 此外，减少氧化亚氮排放的做法往往提高这些和其它来源(如粪肥)氮的利用效率，从而也减少了化肥产生的GHG排放，避免氮污染物对水和空气质量的不利影响(Dalal等，2003年；Paustian等，2004年；Oenema等，2005年；Olesen等，2006年)。[**WG III 8.8**]

农林系统(在耕地上植树)可提供多种效益，包括给农村社区的能源与可持续发展之间的协同作用和温室气体减排。[**LULUCF 4.5.1**] 然而，农林业可能对水源保护产生不利的影。[**WG III 表 8.12**]

6.2.8 耕地管理(水)(8)

推动减缓GHG的农业做法对水的养护及水质有消极和积极的影响。凡是促进用水效率(如，减耕)的措施均可带来潜在效益。但是，在某些情况下，这些做法可加大水的使用强度，从而减少地面径流量或地下水储备(Unkovich，2003年；Dias de Oliveira等，2005年)。通过减少污水化学污染量，水稻管理一般对水质有积极的影响。[**WG III 表 8.12**]

6.2.9 耕地管理(减耕)(9)

水分保持耕作是一个通用术语，包括了众多的耕作方式，其中包括耩犁，垄耕，块耕，覆耕和免耕(CTIC，1998年)。通过水分保持耕作有许多附带效益。其中重要的效益是控制水侵蚀和风蚀，水源保护，提高土壤的持水能力，减少土壤板结，提高土壤对化肥和农药的适应能力，提高土壤和空气的质量，加强土壤的生物多样性，减少能源使用，提高水质，减少水库和水道淤积，以及可能双季耕作。在一些地区(如澳大利亚)，水分保持耕作加大了土壤持水量渗透后可导致下坡盐碱化。[**LULUCF，事实 4.3**] 采用水分保持耕作的重要次生效益包括减少水土流失，改善水质，提高燃油效率，并增加了作物产量。[**LULUCF 4.4.2.4**] 耕作/秸秆管理对水源保护有正面的影响。[**WG III 表 8.12**]

6.2.10 造林或再造林(10)

一般而言，预计森林比作物、草或自然矮小植被消耗更多的水(树冠拦截的蒸腾和蒸发总和)。这种效应发生在受到造林或再造林影响的土地上，该效应也许与增大的拦截损失有关，尤其是当全年大部分时间的树冠湿润时(Calder，1990年)，或在更干旱的区域则与更大范围的根系发展有关，这种根系可以在延长的旱季利用地下水汲取水分。[**LULUCF 2.5.1.1.4**]

全年有大范围绿叶面积的森林的拦截损失最大。因此，这种损失往往是常绿林比落叶林更大(Hibbert，1967年；Schulze，1982年)，可以预计速生林的碳储率高，但与生长缓慢的森林相比拦截损失更大。因此，在非林地开展速生针叶林的造林通常会降低集水区水的流动，并可能造成干旱期水的短

缺(Hibbert, 1967年; Swank和Douglass, 1974年)。例如, Vincent(1995年)发现, 种植需水量大的松树树种来恢复退化的泰国流域与过去的原始落叶林相比旱季河川流量会明显减少。虽然森林降低了平均流量, 但是它们可能会降低峰值流量和增加旱季期间的流量, 因为林地往往有更好的渗透能力和较高的持水能力(Jones和Grant, 1996年)。森林也在改善水质方面发挥了重要作用。[LULUCF 2.5.1.1.4]

在世界许多区域, 森林生长在浅咸水以上的水位, 毁林后减少水的使用可能导致水位上升, 从而将盐带到地表(Morris和Thomson, 1983年)。在这种情况下, 林木的高用水量(如通过造林或再造林)是有益的(Schofield, 1992年) [LULUCF 2.5.1.1.4]

在热带干旱地区, 森林种植通常比矮小植被用水更多, 因为树木可在更深的地方获取水, 而且蒸发的水分超过拦截的水分。新种植的树林因吸收地下储存的水, 因此其用水量(通过蒸腾和拦截)大于年降雨量(Greenwood等, 1985年)。因此, 在热带干旱地区广泛造林或再造林会对地下水和河流水流量产生严重影响。但是, 尚不太清楚, 在不改变树种根深或气孔活动规律的情况下, 用人工林甚至用外来物种取代天然林是否会增加热带地区的耗水量。在印度的干旱带, 人工桉树林的耗水情况与原有的干燥落叶林相似: 这两类树林基本上消耗了所有的年降雨量 (Calder, 1992年)。[LULUCF 2.5.1.1.4]

像保护森林一样, 造林和再造林也会产生有益的水文效应。在潮湿地区造林后, 直接径流量最初会迅速下降, 之后逐渐稳定, 基准流量会随着树林逐渐成熟缓慢增加(Fukushima, 1987年; Kobayashi, 1987年), 这说明再造林和造林可以帮助减少洪水泛滥和加强水源保护。在水源有限的区域内, 植树造林, 尤其是种植需高耗水的树种可能会导致流量显著减少, 从而影响了流域的栖息地(Le Maitre和Versfel, 1997年), 并且逐渐减少水流入其它生态系统和河流, 因此影响含水层和回灌(Jackson等, 2005年)。此外, 一些土壤性质可能发生的变化在很大程度上受水文变化的驱动。造林带来的水文效益也许需要在每个地点逐一进行评估。[WG III TAR 4.4.1]

积极的社会经济利益, 如财富或就业机会的创造, 必须权衡因可用水量、放牧, 自然资源和农业用地减少而造成的福利损失。在过去受到水土流失影响或由于其它原因造成土地退化的土地上造林可能对环境有正面的影响; 在水量大的集水区或尚

未大量使用的集水区, 流量减少也许并非至关重要。[LULUCF 4.7.2.4]

6.2.11 避免或减少毁林 (11)

阻止或放缓毁林和森林退化(碳密度损失)以及森林的可持续管理也许会为避免排放做出显著贡献, 也许会保护水资源, 防御洪水泛滥, 减少径流, 控制水土流失, 降低河流淤积, 以及保护渔业和水力发电设施的投资; 同时, 保护生物多样性(Parrotta, 2002年)。[WG III 9.7.2]

保护森林能够保护水资源和防止洪水泛滥。例如, 飓风米奇之后在中美洲发生的洪水损失显然因森林覆盖减少而加剧。森林通过减少径流能够控制水土流失和盐碱化。因此, 保持森林覆盖率能够降低河流淤积, 从而保护渔业和对水力发电基础设施的投资(Chomitz和Kumari, 1996年)。[WG III TAR 4.4.1]

毁林和集水区上游土地的退化可能会干扰水文系统, 这会使洪水和干旱机制取代下游地区的全年水流量(Myers, 1997年)。虽然在通过造林、再造林和毁林(ARD)活动增加碳储量与其它理想的相关影响之间通常具有协同作用, 但没有可适用的通用规则; 具体案例的影响必须具体评估。相关影响往往非常显著, 具体ARD活动的总体预期结果可在很大程度上受制于其它相关影响。[LULUCF 3.6.2]

6.2.12 固体废弃物管理; 污水处理 (12)

可控制的垃圾填埋(附带或不附带气体回收利用)能够控制和减少GHG排放, 但是在管理不善的地点也许会对水质产生负面影响。有氧生物处理(堆肥)和厌氧生物处理(厌氧分解)均存在上述情况。回收、再利用和最大程度减少废弃物可能不利于露天倾倒地场的废弃物清理, 因为可能造成水污染的后果。[WG III表10.7]

如果应用有效, 污水的运输和处理技术可减少甚至消除GHG的产生和排放。此外, 通过防止未处理污水排入地表水、地下水、土壤和海岸带地区, 污水管理有助于水源保护, 因此减少了污染量, 并需要处理相对少量的污水。[WG III 10.4.6]

处理后的污水可再利用或排出, 但是对于农业和园艺灌溉、渔业养殖、人工回灌含水层、或工业应用而言, 再利用是最好的选择。[WG III 10.4.6]

6.2.13 非常规石油 (13)

由于常规石油日益稀少，开采成本增加，因此非常规液体燃料在经济上越来越有吸引力，虽然这会被更高的环境成本所抵消(Williams等，2006年)。开采和提炼油页岩和油砂需要大量的水。沥青砂开采技术包括在矿床足够浅的地方采用包括露天(表层)采矿，或在原位矿井注入蒸汽，以减少开采之前的石油粘度。采矿过程每使用大约4公升的水会生产一公升的石油，但生产出可提炼的产品。在原位矿井开采过程每使用大约两公升水可生产一公升的石油，但杂物比重很高重油产品需要在炼油厂进行清洁和稀释(通常使用石脑油)或需要传送到一个提炼装置)以生产大约75%能效的合成原油(NEB，2006年)。油砂提炼能效大约是75%。开采油砂会留下大量的污染物和被大面积受到干扰的土地。[WG III 4.3.1.4]

6.3 水管理政策和措施对GHG排放和减排的影响

如前一节所述，各行业气候变化减排方式也许对水资源产生影响。反之，水管理政策和措施能够对不同行业的GHG排放产生影响，因此会对它们各自的减排措施产生影响。(表 6.2)。

6.3.1 水坝 (1)

全球约75%的水库用于灌溉、防洪和城市水供应。温室气体排放取决于水库的地点、功率密度(注满单位面积电量)、流速并取决于电厂是否是水坝式还是河流式。近期，水力发电的水库的温室气体足迹受到质疑。有些水库表明水面吸收二氧化碳，但是由于在自然碳循环中水输送碳，因此大部分水库排放少量的温室气体。在高原类型的热带水库的浅水处记录到甲烷的高排放量，这些水库的自然碳循环的排放量最高，而深水水库显示排放量较低。如果被淹没在一个新水库中，那么源自天然泛洪平原和湿地的甲烷也许受到抑制，因为甲烷在通过水体上升时会被氧化。甲烷在淡水中的形成涉及伴随产生的碳化合物(酚类物质和腐殖酸)，它们会有效地吸收相关的碳。对于热带的浅水水库，需要进一步研究，以确定水库增加甲烷排放的范围。[WG III 4.3.3.1]

因腐烂的植被和碳从集水区流入水库而造成水库温室气体排放是最近发现的生态系统对水坝的影响。这对传统的看法是一个挑战，即：与常规发

电来源相比，水力发电只对大气产生积极的影响(如减少二氧化碳和氮氧化物的排放)(世界水坝委员会，2000年)。

在《第四次评估报告》发表时对现有水力发电项目使用期限所作的评估表明，总体温室气体净排放量低。鉴于对淡水水库造成人为排放增加的测量仍然不确定，UNFCCC执行委员会已将水储量大的大型水力发电项目排除在清洁发展机制(CDM)之外。[WG III 4.3.3.1]

6.3.2 灌溉 (2)

世界约18%的耕地目前通过灌溉补充水(千年生态系统评估，2005a, b)。扩大这一灌溉面积(如果水储量允许)，或采取更有效的灌溉措施可通过提高单产和秸秆还田提高在土壤中的碳储量(Follett，2001年；Lal，2004年)。然而，其中部分效益也许会被供水所需能源产生的二氧化碳(Schlesinger，1999年；Mosier等，2005年)，或被较高湿度和使用氮肥所产生氧化亚氮排放(Liebig等，2005年)所抵消，尽管后者的影响尚未得到广泛测量。[WG III 8.4.1.1.d]。扩大水稻面积也可导致土壤中甲烷排放增加(Yan等，2003年)。[WG III 8.4.1.1.e]

6.3.3 秸秆还田 (3)

杂草争水是世界各地农作物歉收或减产的一个重要原因。目前杂草控制方法和农业机械的进步使许多农作物以最少的耕作(减耕)或无需耕作(免耕)的方式生长。这些耕作方式因保留土壤表面的作物秸秆从而避免了水分蒸发损失，所以目前世界各地正在越来越多地采用这种耕作方式(如Cerri等，2004年)。由于腐质分解增强和水土流失，土壤扰动趋于刺激土壤中碳的损失(Madari等，2005年)，而减耕或免耕农业往往增加土壤碳，但并不总是如此(West和Post，2002年；Alvarez，2005年；Gregorich等，2005年；Ogle等，2005年)。采用减耕或免耕也许还会影响N₂O的排放，但净效应却不一致，并在全球范围未充分量化(Cassman等，2003年；Smith和Conen，2004年；Helgason等，2005年；Li等，2005年)。减耕对N₂O的排放可能取决于土壤和气候条件：在一些地区减耕促进了N₂O排放；其它地区可能会减少排放或无可测量的影响(Marland等，2001年)。此外，免耕系统可减少使用能源产生的二氧化碳排放(Marland等，2003年；Koga等，2006年)。保留作物秸秆的耕作制度还趋于增加土壤有机碳，因为这些秸秆是土壤有机物的前体物，它是土壤的主要碳储物质。避免秸秆焚烧(如甘蔗收割机械化，无需收割前焚烧；Cerri等，2004年)，也避免焚烧产生

表 6.2: 水管理对各行业温室气体排放的影响。温室气体排放增加用[-]表示, (因为这意味着负面影响), 而温室气体排放减少用[+]。圆括号内的数字是指注释的编号, 也指6.3节中各小节的编号。

行业	水质		水量		水位	
	化学/ 生物	温度	平均需求	土壤湿度	地表水	地下水
能源		地热能源 ⁽⁷⁾ [+]	水坝 ⁽¹⁾ [+/-] 灌溉 ⁽²⁾ [-] 地热能源 ⁽⁷⁾ [+] 海水淡化 ⁽⁶⁾ [-]		水坝 ⁽¹⁾ [+/-]	
农业			水坝 ⁽¹⁾ [-]	灌溉 ⁽²⁾ [+/-] 秸秆还田 ⁽³⁾ [+]		耕地排水 ⁽⁴⁾ [+/-]
废弃物	污水处理 ⁽⁵⁾ [+/-]					

注:

- (1) 水力发电不需要化石燃料, 它是一种重要的可再生能源。然而, 最近水力发电水库的温室气体足迹受到了质疑。特别是, 甲烷是一个问题。
- (2) 采用更有效的灌溉措施可通过提高单产和秸秆还田提高土壤中的碳储量, 但其中部分效益也许被供水能耗产生的二氧化碳排放所抵消。灌溉也许还会引发更多的甲烷和氧化亚氮排放, 这取决于具体案例的情况。
- (3) 为了提高土壤的持水能力, 秸秆还田将通过增加作物产量, 减少土壤呼吸而使碳固化。
- (4) 湿润地区的农田排水可提高生产力(因此增加土壤的有机碳), 或许还通过改善通气抑制氧化亚氮的排放。但是, 任何通过排水造成的氮流失也许造成氧化亚氮的释放。
- (5) 在废弃物处置源头的阶段均能发生或多或少的甲烷和氧化亚氮排放(主要是源自污水的GHG排放), 这要取决于设施的设计和管理(污水处理和处理净化技术); 但在实践中, 大部分排放发生在废弃物处置的上游。
- (6) 咸水淡化需要使用能源, 从而产生温室气体排放。
- (7) 利用地热能源供暖不产生GHG排放, 如同采用其它方法生产能源那样。

的气溶胶和温室气体排放, 虽然使用燃料也许会增加二氧化碳排放。[WG III 8.4.1.1.c]

6.3.4 农田排水 (4)

在湿润地区农田排水能够提高生产力(因而提高了土壤有机碳含量), 或许还可通过改善通风抑制N₂O排放(Monteny等, 2006年)。但是, 任何排水造成的氮流失也许造成N₂O的释放(Reay等, 2003年)。[WG III 8.4.1.1.d]

6.3.5 污水处理 (5)

废弃物行业最大的温室气体排放源即垃圾填埋场的甲烷在废弃物处置几十年后会继续排放, 因此排放趋势的估计需要包括时间趋势的模型。在污水运输、污水处理以及废弃物或污水污泥的厌氧处理泄漏过程中也排放甲烷。N₂O的主要来源是人类污水和污水处理。[WG III 10.3.1]

预计仅从污水中排放的甲烷从1990年到2020年将增加近50%, 特别是在东亚和南亚地区快速发展的国家。对源自污水的全球N₂O排放估计并不完整而且仅仅基于人类污水处理的情况, 但这些估计表明在1990年至2020年将增加25%。但是, 应当强调, 这

些估计是按照常排放的情景得出的结果, 如果更多措施到位, 实际排放量可能要低得多。未来废弃物行业的减排将部分取决于2012年之后京都机制的存在, 如清洁发展机制。[WG III 10.3.1]

在发展中国家, 由于迅速的人口增长和城市化进程, 而污水基础设施并未得到同步发展, 源自污水的甲烷和N₂O排放一般均高于发达国家。通过审查1990年源自污水和人类污水的甲烷和N₂O的排放量估计和到2020年的趋势预估可以看出这一情况。[WG III 10.3.3]

虽然目前源自污水的温室气体排放低于废弃物的排放, 但是认识到, 当前的估值未能量化相当大的排放量, 尤其是发展中国家来自化粪池、公厕、未经控制排泄的排放。发展中国家分散的‘自然’处理过程和化粪池也许造成相对大的甲烷和氧化亚氮排放, 尤其是在中国, 印度和印度尼西亚。发展中国家露天污水渠或非正式形成的污水池塘通常导致失控排入河流和湖泊, 造成随着经济发展污水量迅速增加的局面。另一方面, 低耗水马桶(3-5升)和生态卫生方法(包括生态马桶)正在墨西哥, 津巴布韦, 中国和瑞典得到采用, 在这些地区养分可安全回收进入生产农业和环境。这些做法也可适用于许多发

展中国家和发达国家，尤其是在水短缺，水供应不稳定，或需要额外措施来保护水资源的地方。所有这些措施鼓励更小的养分负荷低和GHG排放相对低的污水处理厂。[WG III 10.6.2] 总之，为了维持和提高饮用水的质量以及其它公共卫生和保护环境的效益，许多国家污水收集和处理量越来越大。同时，相对于未来的污水收集和处理增加，源自污水的GHG排放将减少。[WG III 10.6.2]

6.3.6 海水淡化 (6)

在水匮乏的地区，水供应可能采取(部分)海水淡化。这一过程需要能源，并意味着在利用化石燃料的情况下产生温室气体排放。[WG II 3.3.2]

6.3.7 地热能 (7)

利用地热能源供暖不会产生温室气体排放，如同采用其它方法生产能源那样(另见第6.2.5节)。

6.4 适应与减缓之间潜在的水资源冲突

适应与减缓之间可能发生水资源的冲突。现有为数不多的研究(如Dang等，2003年)表明减缓对

适应的影响和适应对减缓的影响在全球层面大都很小，虽然在区域尺度这些影响也许是显著的。在气候变化将引发水文系统重大变化的地区，水力发电仍具有潜力，特别是如果适应气候变化的努力在各行业得到落实，这将会增加水的竞争(如为应对气候变化对农业的影响需要灌溉与饮用水需求增加和电力行业冷却用水需求增加之间出现的地表水资源竞争)。这确认了江河流域综合土地和水管理战略的重要性，以确保优化配置匮乏的自然资源(土地、水)。此外，必须同时对减缓和适应进行评估，明确取舍，以优化经济投资，并促进可持续发展。[WG II 18.8, 18.4.3]

一些研究证实在不断变化的气候和水文条件下供水、防洪、水力发电和最低河川流量(满足生态和水质的需要)之间存在潜在的冲突(Christensen等，2004年；Van Rheenen等，2004年)。[WG II 18.4.3]

适应不断变化的水文系统和可用水量也需要持续增加能源的投入。在水匮乏地区，不断增加污水处理后再利用和相关处理、深井抽水，尤其是大规模海水淡化将增加水行业的能源使用(Boutkan和Stikker，2004年)，从而产生温室气体排放，除非采用‘清洁能源’以便产生必要的能源投入。[WG II 18.4.3]