



# 水利水电国际资讯摘要

中国水利水电科学研究院主办  
主编：孟志敏  
责编：张 诚 陈 娟

2月专刊

2018年2月27日

## 《荷兰代尔夫特国际水利与环境研究所水与发展创新报告》缩编

敬爱的读者：

代尔夫特国际水利环境工程学院（IHE）意识到为解决当前和未来面临的与水有关的问题，我们需要创造性思维方式和不同寻常的业务方法，因此我们在所有核心活动中均鼓励具有创新性的教育、科研和开发能力活动。

我们的创新不仅仅局限于技术创新，我们的创新包括新的教育项目和研究成果。在所有情况下，这些创新活动的采用和利用也具有社会、经济、环境、治理、体制和政治影响。以研究为基础的创新源自于代尔夫特国际水利环境工程学院的六个研究主题，而这六个研究主题均与包括联合国教科文组织的科学项目在内的相关国际和国家科学项目保持高度一致。

我们的创新活动涵盖可持续性这一核心专题领域以及其他跨领域专题，即：

- 安全饮用水与卫生设施
- 与水有关的危害与气候变化
- 水与生态系统质量
- 水管理与治理
- 水、粮食与能源安全
- 信息与知识系统

为庆祝代尔夫特国际水利环境工程学院成立60周年，我们甄选了60项创新实例，并在本第二版创新手册中进行介绍。国际水利环境工程学院的创新活动以及大部分活动的一个重要内容在于与我们的全球伙伴共同创新想法、开发、实施并验证最终改善地球生活质量的新颖解决方案。

院长/教授 埃迪·摩尔斯



**1、虎纹蚯蚓厕所：**世界正在见证人类有记录以来程度最为激烈的强迫迁移运动，而迁移的距离也在与日俱增。因此，人道主义机构正在寻求更具可持续性的难民营卫生设施方案。而虎纹蚯蚓厕所便是一个可能的解决方案。虎纹蚯蚓厕所即一个简易的蚯蚓过滤器：一个利用具有堆肥作用的蚯蚓的过滤器。这些蚯蚓将人类排泄物转化为蚯蚓废物（蠕虫堆肥）。在虎纹蚯蚓厕所中，人体排放物在原地得到处理，减少废物固体体积，降低排空频率，且更易于排空（因为这一堆肥过程的副产品为在系统顶部生成的干腐殖质样物质）。

**2、地面实况 2.0-大众观测站社会技术方法：**地面实况 2.0 方法以人与技术之间的现实生活交互为中心。这一创新社会技术方法基于智能家居原则。创新的协同设计方法提供了大众观测站的社会层面（如利益相关者分析、参与策略、利益相关者参与的驱动因素和障碍分析）与大众观测站的使能技术之间的关联。通过采用这一方法实现当地需求和治理目标、文化、习俗和语言与适当功能性相匹配，从而实现构建拥有所设想的、针对具体情况的社会和经济影响的自定义大众观察站。地面实况 2.0 是一项“欧盟地平线 2020”项目，在实际情况下设立并验证了 6 个大众观测站，并在自然资源管理的特定领域开发了 4 个欧洲和 2 个非洲示范案例。这一方法强化了信息链中的完整反馈循环，从基于大众的数据收集到联合决策制定与合作规划。这一方法的最终目标是实现全球市场对这一概念和使能技术的吸收。

**3、一款针对大型流域管理的游戏：**可持续流域管理对人类与生态系统而言均具有重大意义。加强科学政策和部门间对话被认为是平衡相互竞争性需求并实现这一目标的手段；然而，落实这一对话却并非一项简单的工作。为克服这些障碍，流域模拟游戏得以开发。这一款游戏最初旨在介绍流域中的复杂权衡，并促进针对哥伦比亚马格达莱纳-考卡流域的研究政策对话。然而，这一游戏目前也被用于其他环境中，在世界范围内这一游戏的玩家超过 200 人。在游戏中，玩家对一个拥有 30 多年历史的虚构流域进行管理，而其决策所造成的影响则通过水资源评估与规划系统（WEAP）的水资源建模软件进行模拟。这一游戏除了提供一个讨论空间之外，还提供了计算机模型与利益相关者心理模型之间进行互动和相互充实的生动例子。

**4、粪便消灭技术：**高效而可持续的粪便污泥管理解决方案代表着一项重大的全球需求。全球卫生设施每天均产生大量粪便污泥：目前全球有 27 亿人能够享受卫生技术服务，而到 2030 年这一数字预计将增长至 50 亿。粪便污泥管理是一项全球性挑战。代尔夫特国际水利环境工程学院和 tehnobiro 有限责任公司目前已经开发了一项针对排泄物（尿和粪便）杀菌和脱水的新技术并成功进行测试。这一技术利用专门设计单位中的微波发生器，将致病性人体排泄物转化为清洁水和惰性干燥肥料。这一

概念已经在荷兰和肯尼亚成功进行测试，而目前正在建设一个试验示范单位，这一示范单位将在约旦应用。

**5、eSOS监测仪与卫生业务模式评估仪：**eSOS监测仪与卫生业务模式评估仪是卫生链运行管理和评估不同卫生业务模式与相关成本的二合一工具。eSOS监控器是一款在实际条件和真实情况下管理整个卫生链的操作软件工具。其已在菲律宾严峻的实地条件中成功经过测试。卫生业务模型评估仪是一个决策支持工具，既适用于实际情况，也适用于未来选择（例如，卫生系统和商业模式的选择）。其已在泰国的一项案例研究中经过测试。eSOS监控仪是屡获殊荣的创新智能厕所的一部分，是代尔夫特国际水利环境工程学院新颖的eSOS概念的核心。eSOS监控仪发布后不久，这一软件功能便被全球几家厕所制造商（例如印度）采用，并已在现实生活中得到应用。

**6、微生物脱盐技术-产生更便宜的水：**代尔夫特国际水利环境工程学院与其合作伙伴正在开发一项革命性的微生物脱盐方法，这一方法能够减少生产安全饮用水所需能源。这一技术采用微生物脱盐电池作为常规反渗透脱盐工艺的预处理步骤。目前正在开发一个中试生产工厂。在微生物脱盐装置中使用电活性细菌能够为脱盐和废水处理过程供能，从而大幅削减所需能量。这项新技术具有极大潜力，能够作为一种更具可持续性的污水处理方案应用于水分胁迫地区。微生物脱盐研究与商业组织的联盟持续开展合作，通过提高脱盐率，减少过滤膜的生物污损与结垢，优化微生物电化学过程，提高系统的经济可行性，进一步探索微生物脱盐电池技术的潜力。

**7、“傻瓜”复杂海岸线评估模拟：**数十年来，大多数沿海进程研究人员均注意力集中在日益复杂的模型上，以便进行更详细与历时更长的模拟。近期开发的一项模型便将这一想法变成了现实：将20世纪50年代的海岸线模型概念应用于一个新的、不受限制的框架中，在这一框架中海岸线被表示为一系列“珍珠链”。这一模型的结果是一个虚拟的世界。在这一世界中岛屿可以移动并合并，沙咀和海岬能够自由发展，而且这一模型能够轻易表达出硬结构物和地质的影响。这一概念已经在例如著名的荷兰创新性人工育滩工程 Sand Motor 等案例中得到成功应用，并且即将开始着手项目的重大应用。

**8、全球卫生学习联盟：**代尔夫特国际水利环境工程学院与其合作伙伴近期成立了一个卫生领域的教育联盟。这一联盟起始于2016年开发的一门针对粪便污泥管理的电子学习课程，此后，这一联盟随着其推出的多项创新教育项目。目前该联盟已经拥有600名成员享受其带来的效益，并且还在吸纳新的课程交付合作伙伴，从而进行扩展。这一联盟的范围将迅速扩展至其他类型的粪便污泥课程（例如MOOCs）和其他类型的粪便污泥课程（例如大型开放式网络课程）和其他相关的在线课程，不久这一联盟将有望容纳数千名卫生专业人员。

**9、基于海绵的厌氧氨氧化技术：**代尔夫特国际水利环境工程学院与其合作伙伴对一种新型海绵滴滤器进行了测试。这一新型海绵滴滤器可通过使用新鲜活性污泥作为接种物，在短时间内促进缓慢生长的厌氧氨氧化微生物的生长，从而清除污水中的氮化合物。此外，通过自然空气对流可以实现厌氧氨氧化细菌对亚硝酸盐的完全自养脱氮，无需外部（额外）曝气。这些有利的特点和特征保证了海绵滴滤器的经济效率，并且能够作为厌氧废水处理的后续处理步骤以及工厂升级的有趣选项极具吸引力。

**10、多重水系统解决水资源短缺问题：**多重供水系统等新型智能解决方案可促进供水网络的优化并增加水资源可利用量，从而应对沿海城市和地区的淡水资源短缺问题。在城市水循环中引入并综合海水和处理后污水的使用可补充60%的通过传统和/或海水淡化系统提供的饮用水。这样一来便增加了供水系统的使用寿命并降低其成本，其原因在于：（i）海水可以替代高达30%的用于冲厕用水的家庭用水；（ii）经过处理的污水可提供30%的城市居民区清洁和灌溉需水量。整体而言，多种水系统的结合有助于减缓因干旱而导致的气候变化对水资源短缺的影响，同时保持成本效益。

**11、欧非水与气候创新联盟：**非洲水气联盟的最终目标是增强非洲人民应对气候变化挑战的部署准备。非洲水气联盟通过促进多项机制和活动的创新流程来实现这一目的：联盟明确各方需求，通过开发“三重感应方法”促进改善水与气候的监测和预测，并通过一系列面对面活动和创新在线平台促进知识分享和技术转让，而“行动小组”则汇集了来自非洲和欧洲的拥有相关知识和专业知识的同行，共同致力于创新解决方案。

**12、封闭循环海水养殖系统：**我们设计并开发了用于非洲鲶鱼养殖的创新实验性中试封闭循环海水养殖系统（饲料生产、孵化场和生长系统），以实现古巴粮食生产链中的资源优化和回收。这一系统包括营养物回收、能源回收和封闭循环海水养殖系统污水处理系统中的废水再利用。这一系统中的非洲鲶鱼密度将近达到 130 千克/立方米，鲶鱼产量将近 20 吨/年，超过古巴当前渔业实践的四倍。

**13、修正污染指数<sub>0.45</sub>—更高效的海水淡化污染评估工具：**IHE 一直以修正污染指数为核心工作，以更准确地评估海水淡化工厂运营过程中出现的颗粒污染。膜污染与标准淤泥密度指数的相对不可预测性一直是反渗透脱盐系统和其他压力驱动下的脱盐系统所面临的阻碍。修正污染指数首次于 1980 年提出，之后在代尔夫特国际水利与环境研究所和 KWR 水循环研究所得进一步开发。这一技术于 2015 年由代尔夫特国际水利与环境研究所提交美国材料和试验协会，并由美国材料和试验协会采纳为一种标准方法（ASTM D8002-15）。修正污染指数将与水中污染物浓度成比例的污染机理考虑在内，并且不受温度变化影响，因此能够提供更加标准化的污染率预测值。

**14、城市间适应学习的领导力：**城市管理者纷纷发现，他们对水资源、污染控制和防洪的新需求毫无准备。而这些挑战也是许多其他城市（无论是区域范围内还是整个全球范围内）面临的共同挑战。这些城市之间往往拥有相互补充的优势与弱点，通过合作，它们能够互助互利，并分享专有技术。代尔夫特国际水利与环境研究所、水管理与气候变化中心以及位于越南的亚洲技术研究所支持城市培养因特网领导力（例如技能、知识与网络），并鼓励城市开发相互学习所需的共同愿景。为了实现这一目的，它们开发了一项针对“城市间适应学习的领导力”的培训课程。

**15、城市水管理免费开源软件工具：**代尔夫特国际水利与环境研究所开发了一系列创新软件工具，能够帮助学生体验并学习多种针对城市水循环管理的有用技术，SWMM5-EA 是一个桌面教育工具，能够帮助初学者应用基于达尔文进化论的优化理论，以实现可持续排水系统的优化设计。RRPAM-WDS 是一个针对埋地水管系统（供水、排水水管）短期与中期更新规划的桌面工具。

**16、全球粪便污泥分析实验室合作伙伴：**粪便污泥表征与实验是卫生行业的一个新兴领域。配备粪便污泥分析设施的各实验室已经达成一项合作伙伴关系，其目标为标准化粪便污泥的表征方法，并为学生和卫生专家提供培训课程。IHE 开设的新粪便污泥实验室，这一新粪便污泥实验室将为基础和高级培训提供场地，通过这一培训，参训人员能够提高其技能，增强其信心，着手开展粪便污泥管理实践工作。

**17、食品生产中的废水再利用：**古巴成功开发了一项膜生物反应器技术，用来处理食品加工工业中产生的污水，以实现废水再利用，并回收废水中的营养成分。膜生物反应器系统中生成污水的污泥在经过处理之后被用于支持当地示范规模的农业活动。膜生物反应器系统中的水质能够保证为作物灌溉提供安全而持续的水源，而系统中产生的污泥则被用于增强土壤的质量。膜生物反应器技术与集约农业中安全水和污泥的再利用是在古巴首次开展的一项实践。

**18、WA+：一项新兴全球水会计标准：**水管理的关键问题十分简单，但又难以解答：是否存在供所有使用者使用的充足水资源？能够使用多久？高效的管理策略极度依赖于可靠的信息，而这些信息却往往难以获取。在这一背景下，开放存取远程遥感数据能够提供关键的信息。由代尔夫特国际水利与环境研究所、国际水资源管理研究所、联合国粮农组织与世界水资源评估计划共同开发的水会计+框架就使用上述数据集的河流流域中水资源情况提供了一个快速概览。这一框架对耗水量和水生产力进行评估，超越传统的水均衡法，将土地与水管理结合起来。

**19、采用流式细胞术评估淡水与盐水中的细菌再生潜力：**当前所采用的对细菌在淡水与盐水中的再生潜力进行性评估的方法耗时漫长、成本高昂且仅限于特定的菌株。代尔夫特国际水利与环境研究所与荷兰可持续用水技术研究中心开展合作，开发了一个监测海水样本中细菌再生潜力的方法。这一方法使用由海洋细菌组成的自然菌群，并采用流式细胞术进行计数。与纯培养相比，采用自然菌群能够实现更广泛而多样化的基质范围，从而对出现的生物污染提供一个更切实的解释，尤其是在反渗透法海水淡化膜系统中出现的生物污染。同时，这一方法与传统生物测定方法相比更为迅速。除此之外，代尔夫特国际水利与环境研究所与荷兰 Oasen 水务公司进一步开发了一项评估低养分水（例如在反渗透之后，包括在补充矿质之后）中生物稳定性的方法。据预计，使用反渗透技术的饮用水工厂数量将持续快速增长。

**20、采用修正污染指数更准确地测量海水淡化过程中的颗粒污染：**在反渗透海水淡化系统中，胶体与有机物污染导致系统渗透性降低、能源成本增加、盐透过率增加、产生额外的清理工作以及使用更多的化学品。在实践中往往采用例如淤泥密度指数与修正污染指数等指数来评估颗粒污染，但这些方法的敏感性不足，无法探测小型颗粒，且无法考虑到反渗透海水淡化系统中的颗粒/胶质沉积。通过整合颗粒/胶质沉积与流量的影响开发了恒定流量下的超滤膜修正污染指数。通过这种方法得出的反渗透淡化系统给水水质评估结果更为准确。同样，超滤膜修正污染指数也能够用来预测反渗透淡化系统中的污染率。

**21、基于三磷酸腺苷的方法实现对生物污染的更佳控制：**对反渗透系统给水中的细菌活性和细菌生长进行检测对于控制反渗透膜上的生物污染而言具有重要意义。生物污染导致每立方米淡化水所耗能源增加，并导致反渗透膜的盐透过率上升。在此前采用的方法中，由于盐对荧光素/萤光素酶反应的干扰，只能对海水中含量水平较低的三磷酸腺苷（ATP）进行精确测量，而这抑制了光的产生和三磷酸腺苷的测量。代尔夫特国际水利与环境研究所与美国普洛麦格公司合作开发了对盐水中细菌三磷酸腺苷进行测量的两种方法：即直接测量方法与过滤测量方法。

**22、BEWOP：促进水运营商伙伴关系效率：**在为水运营伙伴关系提供支持的能力发展模型中，通过两个或多个运营商的工作人员之间进行互动来实现能力开发。在促进水运营商伙伴关系效率（BEWOP）下，代尔夫特国际水利与环境研究所致力于创建并开发教学工具，支持在水运营商伙伴关系中开展的能力开发活动。这种方法增加了可持续性能力建设的价值，并通过保证水运营商合作伙伴指导者与学员之间就对其具有重要意义的条款和主题进行知识转让和发展，保证这一方法的稳固长期发展。

**23、公共设施管理模拟游戏：**代尔夫特国际水利与环境研究所开发的公共设施管理模拟游戏（UMSG）是一种交互式角色扮演游戏（在促进水运营商伙伴关系效率项目下开发），游戏玩家扮演总经理、运营经理、业务经理与财务经理的角色，并就饮用水公共设施的投资决议进行协商。玩家在一年的游戏时间内就关税税率、基础设施扩建、人力资源管理、维护与能力发展投资做出决策，并接收针对其决定对相关关键绩效指标（KPI）的影响的反馈。公共设施管理模拟游戏学习经验的核心为承诺、不确定性与协商。

**24、外部结垢检测仪，最大化反渗透盐水淡化系统的回收率：**为了限制盐水的产量和比能耗（千瓦时/立方米），在最大程度上实现反渗透盐水淡化系统的回收率至关重要。水垢检测仪的原理基于在（外部）反渗透元件中实现小规模回收上升，水垢检测仪中对标准化渗透率和压降进行持续监测。格兰富公司与代尔夫特国际水利与环境研究所和荷兰 Oasen 水务公司合作开发了一种结垢检测仪，能够用于优化不同给水水质回收中的持续阻垢剂。这一水垢检测仪目前已在荷兰 Oasen 水务公司中得到应用。

**25、快速评估气候变化对水湾受干扰海岸的影响：**位于水湾附近的海岸线不仅受到因气候变化而导致的海洋过程变动（例如海平面上升）的影响，同样也受到因气候变化而导致的陆面过程变动（例如降雨/径流）的影响。海岸线对于多种因气候变化而导致的系统变动的敏感性，以及人类对海岸线的高度开发利用，导致全球范围内成千上万水湾受干扰的海岸极易受到气候变化的影响。代尔夫特国际水利与环境研究所已开发了一个创新性、易于使用的数学模型（针对水湾受干扰海岸的 SMIC-Scale 聚合模型），对地方规模（沿岸<25 千米）海岸线因所有与气候变化相关的影响而导致的变动进行评估。在四个具有代表性的系统对模型进行应用的结果表明，在传统上用来评估海岸线对气候变化响应的方法可能将海岸线后退程度低估了 50%-70%。

**26、藻类厌氧氨氧化：混合光活化污泥处理工艺：**采用光活化污泥处理工艺开展的污水处理工作结合了传统活化污泥处理工艺的优势与高效藻类塘的处理工艺的优势。在这一共生生态系统中，藻类和细菌在结构牢固的絮体中形成的聚生体能够有效除去氮元素和磷元素，且与其他竞争技术相比，这一工艺的能量输入与用地要求更低。最新的创新工艺在光合生物反应器中结合厌氧氨氧化工艺，我们将这一工艺称为藻类厌氧氨氧化工艺。代尔夫特国际水利与环境研究所及其合作伙伴已经证明了这一工艺的概念工作，但我们仍需测试这一方法在不断变化的环境中是否与现实生活中一样稳健。

**27、WeSenseIt—公众水传感器：**随着移动电话的普及，公民可对传统监测网络（数据密度和解析度往往不足）进行补充。这对于应急服务以及与洪水和旱灾等重大事件相关的政策制定者而言尤为有益。除此之外，公民参与数据收集工作能够促进地方社区在理解和保护环境方面发挥更积极的作用。公民通过使用应用程序和物理传感器捕获水文数据，而这些传感器可以连接到智能手机和平板电脑等便携式设备。同时也可从公民在推特和脸书等社交媒体网站上的互动中提取相关数据。代尔夫特国际水利与环境研究所正在开发创新方法，以优化新一代监测网络的设计工作，其中包括捕获具有不同空间和时间特征的数据的动态传感器组（例如，基于智能手机视频的降雨报告），以及将通过市民观测站收集的异构数据整合至水文和水力模型中的方法。

**28、eSOS 理念：**创新性 eSOS（应急卫生操作系统）理念旨在为灾难前、中、后提供一个可持续的、创新、整体性且可负担的应急卫生解决方案。eSOS 不仅对（应急）厕所和处理设施进行改造，还利用现有信息和通信技术在卫生运营和管理链中实现创新和潜在的成本节约，最重要的是，eSOS 有望改善需要帮助的人们生活质量。例如 eSOS 智能厕所、eSOS 监控仪、卫生业务模型评估仪以及粪便消灭技术等 eSOS 理念的组成部分均已经通过实验性应用阶段，目前正处于试点层面的进一步发展阶段，其最终目标为在不远将来投入商业开发。将这些技术发展至就绪等级（美国国家航空航天局评定的 RTL 9）将促进 eSOS 从一个概念转变为一项实际应用。

**29、家用除砷过滤器：**数亿人（主要为居住在发展中国家的农村地区的人口）每天都暴露在高水平的含砷饮用水中。砷是一种人类致癌物质。含砷饮用水中增加癌症死亡率风险，并导致肝衰竭，以及心血管疾病、神经疾病和多种其他疾病。国际水利与环境研究所开发的家用除砷过滤器基于低成本的吸附剂，并且已被证明可以有效去除饮用水中的砷。这一过滤器可以为全家人生产充足的无砷饮用水。这一过滤器操作简单，无需电力且可在当地制作。

**30、免费远程遥感数据：**在过去两年中，随着将欧洲航天局哨兵计划数据集提供给免费获取远程遥感数据的家庭，免费获取的远程遥感数据在可用性和质量方面均实现大幅提升。同样可用于从这些数据集提取信息的开源软件业已发展成熟。代尔夫特国际水利与环境研究所正在推广可持续开放存取软件并提供使用培训，并且我们还协助合作伙伴实施基于免费数据的半操作系统。通过一软件，利益相关者可以监测河流和湖泊在整个水文年中的动态变化，成本几乎为零，而且不需要维护执照。这些信息与少数现存测量站相结合，将使大高等院校、地方与国家机构以及个人用户能够访问一个成本低廉并有望实现共享的水文基线。



**31、可选择的水坝运营模式：**通过创新的水系统建模可对可选择的水坝运营模式进行测试，以确保经济发展与人类和生态系统资源（生态系统服务）的更公平使用相结合。水坝运营需要参与到共同创造这些可替代水坝运模式的政策中。在莫桑比克的赞比西河下游中的应用表明，处于规划中的姆潘达恩库瓦水坝与现存的卡奥拉巴萨水坝共同运营能够带来颇具效益。这一效益是从水坝安全和下游水位波动的角度而言，在汛期下泄的水量较少，而且姆潘达恩库瓦水坝能够实现全天稳定排放。卡奥拉巴萨水坝的发电量将减少，但姆潘达恩库瓦水坝的发电量将对其进行补偿。

**32、旱地绿化：**在非洲许多半干旱和干旱土地上广泛存在未利用的冲积含水层。我们已经证明，津巴布韦南部的 Mzingwane 流域的干燥河床上的水存量足以支持 1000 至 3000 公顷土地的全年灌溉用水。新推出的 A4Labds 行动研究将与农民、地方当局、大学、非政府组织和私营部门对经过改进的抽水和灌溉技术的应用进行测试。通过与这一领域的不同利益相关者开展合作，A4Labds 旨在共同创造并测试适用于当地情况的创新解决方案。在三个不同的河流流域（津巴布韦的 Mzingwane 河、莫桑比克的林波波河和埃塞俄比亚的特克泽河）开展的工作促进鼓励南-南学习。

**33、预测风暴潮：**我们已经开发能够精确预测风暴潮的新方法，并已在软件工具中予以应用。这些方法基于非线性动力学、混沌理论、统计学和人工神经网络，并在水文信息学框架下开发。部分增强和创新功能已经证明，这种预测性混沌模型可作为准确和可靠短期风暴潮预测的有效工具，为决策者提供海岸洪水预报和船舶导航支持。目前这一方法已经在荷兰角港的北海风暴潮预测中得到了充分测试，并且具有极佳潜力，可作为从业人员结合传统数值海洋模型使用的补充方法。

**34、评估丰枯季的地下水：**代尔夫特国际水利与环境研究所与荷兰三角洲研究院和考卡山谷自治区公司（哥伦比亚区域环境机构）展开合作，正在研究考卡山谷的地下水动力学。考卡山谷是哥伦比亚一个具有社会经济重要性的关键地区。通过实地研究和模拟增进针对地下水资源以及地下水与地表水之间的交互关系的知识与能力将能够改善地表水与地下水的综合使用，同时帮助增进对地下水在汛期所发挥作用的理解。

**35、飞行监控器：**检测水与生态系统质量和数量的工作往往采用的是定点采样方法，由于物流与成本问题，这一方法的重访频率较低。代尔夫特国际水利与环境研究所利用例如无人机（或无人驾驶飞行器）和风筝航空拍摄等无人驾驶航空器系统，将定点采样扩展为（地理）空间明确采样，实现超-空间分辨率，并具有高重访频率的潜力。这一方法不仅能够提供针对例如位于坦桑尼亚的马拉河湿地等自然系统的新知识，同时也能够提供针对自然与人为动力学之间的交互关系的新知识，从而获取深入而及时的理解，同时协助对自然资源和危害的管理。

**36、监测海水淡化工厂中的水华：**海水淡化技术能够解决发达国家与发展中国家酸性地区中出现的水资源短缺问题。而这一技术中出现的一个新兴威胁为水华。水华可能生成海藻衍生物质，即透明胞外聚合物颗粒，导致工厂运行出现问题，从而导致海水淡化工厂关闭。代尔夫特国际水利与环境研究所已经开发了一项新的方法来监测藻华过程中的透明胞外聚合物颗粒，为工程师与运营商提供一项工具，开发能够削减海水淡化工厂运行问题的策略。

**37、极端事件与世界遗址：**代尔夫特国际水利与环境研究所与亚洲理工学院提出了一个新方法，对遗址洪灾风险进行评估并开发最优绿-灰-蓝基础设施状况。这一方法旨在保护大城府岛这一古代遗址城市。截至目前为止得出的结果强调了在实现防洪措施适应性能力并保护该地区遗址特性中进行绿-灰-蓝基础设施创新甄选与设计的重要性。这一新方法结合了绿-灰-蓝基础设施状况，是 PEARL 活动下长达四年的针对极端洪灾实践的研究结果。这一新方法采取综合方式应对极端事件的风险问题，并拥有提供多项社区效益，直面威胁并增强恢复力的潜力。

**38、针对旅游景点中的硫酸盐还原、自养硝化和反硝化一体化工艺技术：**硫酸盐还原、自养硝化和反硝化一体化工艺（SANI）能够削减高达 90% 下水污泥，在最大程度上削减能耗，同消除臭味，降低温室气体排放量。此外，这一工艺流程还可削减高达 50% 的下水道治理成本和空间要求，同时增强病原体去除效果。这些特点和性能让这一工艺流程适用于沿岸区域，无论是用于城市污水处理，还是用于处理旅游业产生的污水，亦或是用于处理因使用海水作为冲厕用水或因海水入侵而生成的含盐污水处理。这一工艺流程还可支持将海水作为冲厕用水（通过处理生成的含盐污水），促进淡水节约，并增加水资源可利用量。代尔夫特国际水利与环境研究所与其合作伙伴作为先锋，初次在古巴巴拉德罗的旅游景点应用硫酸盐还原、自养硝化和反硝化一体化技术。

**39、家用除氟过滤器：**国际水利与环境研究所开发的家用除氟过滤器基于低成本、当地可得材料，并涂以铝层，已经被证明能够有效清除饮用水的氟化物。这一过滤器操作简单，无需使用电力，且能够在当地制造。

**40、季节性水文干旱预测：**代尔夫特国际水利与环境研究所研究人员开发了一项新方法，为干旱易发地区的用水者提供与气象预测和水文模型耦合的干旱预测信息。这一方法能够提供针对干旱期出现、低土壤水分条件以及水库水位的关键信息。这项研究在欧盟第七框架计划下开展，主要重点为在于遍布非洲与欧洲的合作伙伴的紧密合作下开展干旱预测与警示工作。我们发现，在部分非洲气候区域针对前置时间长达 3-4 个月的特定干旱指标的预测值是可靠的，这能够保证雨浇农民、灌溉农民和水库运营者能够采取及时行动，缓解干旱事件的影响。

**41、水库沉积物管理：**水库沉积物仍然是全球多个地区在水库设计和运营过程中面临的一项被低估的问题，水库淤积导致水库容量减少以及原运营计划的变动。至今为止，大多数沉积物源分析研究均采用亦或从矿物学亦或从水力模型化角度的单一学科方法。代尔夫特国际水利与环境研究所开发了一种综合性多学科方法，以获取针对泥沙源区域及其运输和沉积的更真实的见解，为水坝运营机构提供更有用的沉积物管理工具。这种新颖的方法包括通过结合矿物指纹识别和 2 / 3D 地形动力学建模，对水库泥沙来源进行多学科评估。

**42、洪水预测：**对哥伦比亚作业洪水进行预测的最先进方法已经经过试验，结合了液体比重测定的实时地面数据以及气象与水文模型。在位于哥伦比亚的三个流域中开展的试验应用结果表明了这一方法为受到危险威胁的社区提供作业预测，缓解例如在 2010 年至 2011 年之间发生的破坏性洪灾所导致洪灾破坏的潜力。代尔夫特国际水利与环境研究所已经与荷兰三角洲研究所、哥伦比亚环境研究所、哥伦比亚水文气象局以及多个区域机构就建设作业洪水预测服务展开合作。

**43、应对不确定性：**我们已经开发了一个具有创新性的统计与机器学习方法（一个对洪水泛滥/危害进行测绘的基于模型的气象框架）来应对不确定性。这一方法将被用于协助马来西亚政府基于不确定下的洪水测绘，就洪灾风险评估与管理制定合适的决策，并应用于柔佛河流域。这一新方法能够促进我们理解与数字高程图（数字高程模型、网格单元尺寸、河流横截面间距）、水文数据（观测数据中出现的错误）、模型结构（1D、2D 或 3D）和参数等地形图来源相关的不确定性如何对洪灾泛滥/危害度地图构成影响。

**44、泛洪平原道路与排水系统开发指南：**河流三角洲的经济发展需要良好的交通互联性，而道路在其中发挥着重要的作用。然而，道路修建将宝贵的泛洪区系统切割成碎片，并改变其天然动力学和生态学特征，与此同时，道路也往往受到洪灾的破坏，导致需要开展昂贵的维修作业。道路与洪水项目（由代尔夫特国际水利与环境研究所与荷兰三角洲研究所和世界自然基金会共同开发）已经编制了一套针对脆弱泛洪平原道路规划和设计的创新最佳实践指南，这一指南基于针对湄公河三角洲道路与洪水之间相互作用所开展的广泛研究。

**45、潮汐灌溉与排水：**潮汐灌溉这一概念是利用潮汐水位变化进行灌溉，利用低潮进行排水和冲水，而不使用水力构筑物（例如堰、水坝或水泵）。这一创新理念受到班贾尔人和居住在加里曼丹与苏门答腊岛的布吉人的启发，他们使用简单的技术实现了对潮间低地的开垦。通过应用知识和技术优化潮灌实现了印度尼西亚农业发展的提高并为粮食安全项目提供支持。印度尼西亚存在大片低地，面积估计达到 3400 万公顷，而其中约 200 万公顷为潮间低地。

**46、水价值图：**基于一份详细的土地利用图，结合针对流域中经济、社会和生态角度下各景观要素的功能信息，以及实际蒸散与生物质生产信息，我们能够绘制针对各个河流流域的水价值图。产生的生物质数量是对一种经济作物的经济价值（若土地用作商业性农业）或改善的生计（若土地用作自给农业）或提高的生态货物与服务价值（若土地利用为自然利用）进行测量的指标。蒸发的水量是一项测量环境影响的指标。针对所耗水资源来源（直接来源于雨水或来自地下水或河流与湖泊）的信息补充了针对蒸发水量机会成本的宝贵信息。这一水价值图（尤其是在与水文模型相结合时）对于河流流域规划和决策制定而言具有重大帮助。水文模型能够模拟有人类与气候引发的变化情境，从而模拟河流流域中经济、社会和生态价值的变化。

**47、预测未来三角洲形态：**在孟加拉国等国家，未来土地利用、海平面上升和上游水沙流变化将对河流、河口、海岸的发展产生重大影响。堤防管理和其他防洪措施以及沙丘（围垦地）的发展可能会极大影响整个三角洲的侵蚀和沉积模式以及极端洪水水位。为了对此做好充分准备，规划人员迫切需要一项工具来预测整个三角洲系统规模的自然发展和相关措施的效果，同时这一工具也需要足够详细，以便对当地工程进行评估（例如横坝）。代尔夫特国际水利与环境研究所与当地合作伙伴开展合作开发了一项方法，采用代尔夫特 3D 软件对上述长期气象发展进行模拟。

**48、Wamex 系统：**代尔夫特国际水利与环境研究所与亚洲发展银行合作开发了 WAMEX，作为一项新颖的直观工具，旨在协助决策制定者与规划人员开发应对与污水和卫生管理相关情境的方案。这一工具在规划新系统、更新现有系统以及编制预算和成本估算中能够发挥重大作用。同样，这一工具也能够保证用户搭建其自身的“假设”情境，协助用户探索多种不同的污水方案和卫生选项。

**49、预测“杀人海啸”冲击：**大多数人均了解风暴可能产生浪涌和巨浪，并且可能淹没地势较低的海岸地区。现有的预测系统能够充分预测上述效应，且海防安全评估也将这些预测结果考虑在内。然而，鲜为人知的是，波组能够形成周期长达数分钟的更长波浪，而这是造成真正的破坏的原因。由于这种现象，在西非海岸等海岸地区突发性“杀人海啸”事件可能导致大面积的洪水泛滥和侵蚀：在台风海燕期间，一座菲律宾村庄（被常规预测系统认为处于安全位置的村庄）被彻底吞噬。好消息是这些拍岸海浪及其对不同海岸的影响能够通过开源 Xbeach 模型进行可靠预测。这一 Xbeach 模型由代尔夫特国际水利与环境研究所与荷兰三角洲研究中心、代尔夫特理工大学等共同合作开发。

**50、社会技术系统主体模型：**代尔夫特国际水利与环境研究所与代尔夫特理工大学合作开发了社会技术系统主体模型，以理解不同的制度政策如何影响城市地区脆弱性的产生和传播。上述模型为理解行动者行为以便制定适应性风险管理策略和政策提供了一种极具价值的方法。

**51、涡轮式膜生物反应器：**涡轮式膜生物反应器结合了超滤膜的高速生物处理方法，以进行污水处理。这一处理方法能够生产优质的污水，适合重新在分散化环境中使用，大幅减少工厂的水足迹。这一系统的生物质含量较高，可在高效曝气装置（SDOX 和 Spece Cone）的支持下，减少所需单位体积。

**52、界定海岸线后退风险：**气候变化和海岸群集增长将显著增加与海岸线后退（即海岸线长期近陆移动）相关的社会经济风险。海岸退让线是一项为削减上述风险而普遍采用的管理/规划工具。尽管人们普遍认为计划决策应该建立在了解风险的基础之上，但目前确定海岸后退线所采用的方法为确定性方法，无法与风险容忍度考量相关联。代尔夫特国际水利与环境研究所近期与国际和荷兰研究人员开展合作，开发了一种风险评估方法，用于量化海岸线后退带来的风险，并展示如何使用这一方法来推导经济上的最优后退线。

**53、IHE-Adart 集中式除砷技术：**砷是一种人类致癌物质。含砷饮用水中增加癌症死亡率风险，并导致肝衰竭，以及心血管疾病、神经疾病和多种其他疾病。由于可用的除砷技术的高成本和低效率，成千上万使用砷污染地下水的小型 and 大型供水系统无法为其用户提供无砷饮用水。IHE-Adart 除砷技术基于低成本吸附剂（饮用水工业副产品）对砷的吸附作用，并获得了原位再生程序的专利权。IHE-Adart 已经证明了将砷浓度极高的地下水用于生产无砷饮用水的潜力，而与其他砷去除技术相比，IHE-Adart 产生的废水流也大幅削减。

**54、一种新的污水治理微生物：**除了能够用于从活性污泥生物质中回收磷元素和硫元素之外，热泉丝硫细菌还可用于减少污水处理厂的水足迹。代尔夫特国际水利与环境研究所和代尔夫特理工大学的研究人员认为，污水中存在的硫化物可被这种微生物用作能源，清除新型硫基代谢中的碳、氮和磷元素。这一发现可能会改变对被认为对污水处理厂造成麻烦的丝状菌的消极看法。结合耐膨胀固液分离系统，这一技术还可实现对基于硫循环的污水处理工艺的开发和应用，有效去除富含硫化物（含盐和工业）的废水中的营养物质，同时减少污泥产量，增加能量回收。

**55、鼓励公民参与以人为中心的观测网的智能工具箱：**大多数公民，无论是个人还是团体，往往都有一种无法对环境政策实施影响的感觉。他们也并不了解公开可获取的信息。SCENT 项目将削减这一障碍。SCENT 项目将使公民成为决策者的“眼睛”，监测日常活动中的土地覆盖/使用变化。SCENT 工具箱中包括低成本和便携式数据收集工具、创新众包平台、用于大规模图像收集和语义标注的严肃游戏应用程序、用于图像和文本分类的强大机器学习智能引擎、针对政策制定者的简易定制授权工具以及对土地覆盖变化对洪水风险的可量化影响进行测绘的数字模型。

**56、尼罗河流域水会计行动：**水会计追踪多组指标，并在一系列标准报告单中展示结果数据。通过对尼罗河流域项目进行会计核算，代尔夫特国际水利与环境研究所整合社会、性别和生态方面的内容，使水资源会计核算更具相关性。其目标是了解尼罗河埃塞俄比亚、苏丹和埃及河段沿的新灌溉项目如何重新配置性别分工和占有权关系，以及了解这对于公平性和可持续性意味着什么。通过对体现流域开发经验的不同理论和方法（例如遥感、叙事、影像发声）进行实验，我们就尼罗河水量分布的快速变化及其使用者（男性和女性、生计农民和商业化农民以及农场工人）之间差异的常见和罕见观点展开探讨。通过这一方式，我们为政策制定者、水专业人士、学生和对尼罗河流域社会经济发展感兴趣的其他人士提供辩论平台。尼罗河水实验室网站上提供了针对尼罗河水流调整的可视化信息。

**57、eSOS 智能厕所：**在受灾地区，许多人均生活在疾病虎视眈眈的恶劣环境之中。卫生设施发挥着重要作用——在地面挖坑搭建的厕所或出现溢流的应急建议厕所是细菌和病毒滋生的温床。改善废物流管理将大幅削减风险并提高生活质量。为解决这一问题，代尔夫特国际水利与环境研究所与其合作伙伴设想了一个屡获殊荣的 eSOS 智能厕所，这一厕所不仅卫生、安全、可负担，并且能够作为其所处区域卫生设施的信息源。eSOS 厕所的实验版本已成功在菲律宾经过功能性与接受程度实验。这一轻便、易于维护的厕所配备传感器，可使用经过专门设计的监控软件收集相关数据。基于这一信息，我们能够实现对厕所运维的大幅改善，从而令整个卫生链更具可持续性。目前我们正在开发 eSOS 智能厕所原型，并将在肯尼亚内罗比进行测试。

还包括：**58、通过研究提升创新方法的培训；59、研究生专业文凭课程：为卫生专家量身定制的在线学习机会；60、新卫生硕士课程。**

摘自：[https://www.un-ihe.org/sites/default/files/ihe\\_delft\\_innovations\\_for\\_water\\_and\\_development\\_2017-i.pdf](https://www.un-ihe.org/sites/default/files/ihe_delft_innovations_for_water_and_development_2017-i.pdf)

