

## 第十八章 负碳循环水经济展望

Glen T. Daigger\*

University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

\*Correspondence: gdaigger@umich.edu

### 18.1 引言

本书的前几章已经阐述了目前水务行业脱碳的许多机会。众多的创新者和早期采用者正在研究各种方案进行试验，并且实施各种方案以提高能源效率、减少碳足迹并从水循环中回收资源。他们是在普遍缺乏监管驱动因素的情况下这样做的，但这样做是基于实际问题以及组织和社区价值观的综合考虑。减少对关键资源（例如能源）外部供应的依赖，为公用事业提供了实际的优势，例如在可变经济条件下提高管理和控制运营成本的能力。对客户重视的产品的回收，不仅提供了至少部分抵消成本的收入，而且还为这些残余物的管理选择提供了更大的保证。如果将其视为废物，而不是有价值的产品，则可能会出现对相关管理方案（如填埋）的反对意见，并威胁到管理这些残留物的能力。公用事业和社区还根据其对环境保护的更广泛承诺，减少碳排放并回收资源以减少其环境足迹。这些创新者和早期采用者获得的知识 and 经验对于更好地了解什么是可能的以及哪些可用选项最适合各种情况至关重要。他们取得的成功也为其他人提供了所需的示例和证据，以便随后采用一些正在研究的新技术和方法，这与采用创新和新技术的典型S型曲线背后的社会过程一致(Rogers, 2003)。

水务行业的变革势头无疑正在加快，但还有更多的事情要做。从长远来看，随着我们从当前的线性经济向循环经济转变，水务行业需要转型以有效运作——事实上，水务行业可以领导提供基本公共服务的其他行业。可能提出的两个问题是：（1）水务行业是否有广大参与者会采用新的资源回收技术和实践，还是只有一小部分；（2）如何加快当前的转型。

## 18.2 资源回收

### 18.2.1 历史的角度

我们首先谈谈对水务行业的一些看法。需要明确的是，“水务行业”一词包括所有从事水资源管理以满足人类和环境需求的实体，包括供水、水处理、污水管理、残留物管理、雨水和防洪。许多人认为，水务行业的主要关注点是供水服务和当地水环境，而不是气候变化等更广泛的环境问题。这种看法的一个后果是人们进一步相信，只要遵守既定法规，水务专业人员就可以使用所需的任何资源，而不考虑其对环境的影响。后一种与法规的联系基于这样一个事实，即法规通常侧重于保护水务公司所服务的人群的健康和当地的水生环境。人们进一步意识到，水务行业在应对不断变化的外部环境方面变化很慢。不幸的是，寻求证据的人很容易找到那些支持这些看法的证据。幸运的是，这些看法并没有完全反映水务行业在历史上或继续发挥作用的特点。

记录清楚地表明，水务行业已经适应了社会需求，并如第17章所讨论的那样，随着时间的推移发生了重大变化。David Sedlak的《水4.0》一书(Sedlak, 2014)以一种有趣且引人注目的方式总结了水务行业的历史进展以及未来前景。国际水协会 (IWA) “未来城市”计划的成果提供了进一步的证据。例如，考虑一下众所周知的城市从最初的供水到对水敏感的城市转变。如图18.1所示，该图下半部分描绘的城市水管理系统服务交付功能已经得到了发展，以响应图上半部分描绘的日益雄心勃勃的社会政治驱动因素。这一进程的各个阶段被赋予了一系列描述性的名称。虽然许多城市尚未发展到对水敏感的状态，但个别城市的水管理通常沿着图示的轨迹发展。

对图18.1中呈现的功能进展的研究以及与现有法规的比较表明，法规并不是水务行业系统实施的唯一驱动力。这并不是说不重视法规的作用，如果能坚持执行，就可以促进提供可靠的服务。这种功能的发展今天仍在继续，因为创新和早期采用的水务行业公用事业（供水、污水处理、防洪）已从一个阶段过渡到下一个阶段，以响应需求和机会的结合。随后，更广泛的法规也随之而来。从创新者和早期采用者到法规的建立，这一过程将在下一节中进一步讨论。

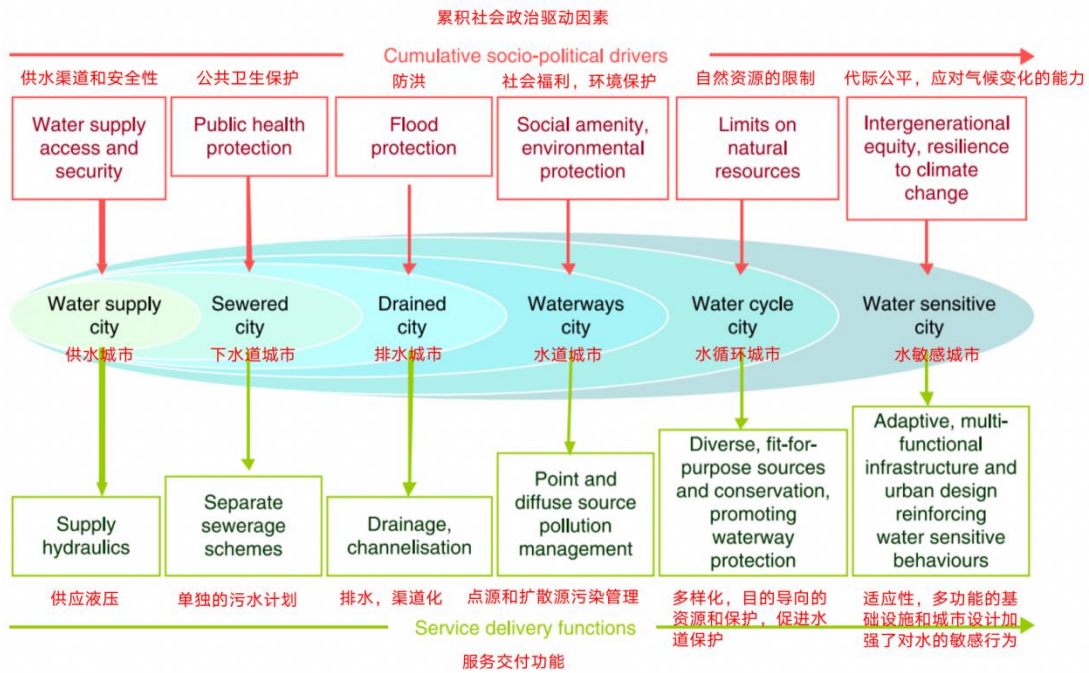


图 18.1 水敏感城市的逐步发展。来自 Brown et al. (2009)

多年来，水务行业还对更广泛的环境问题采取了行动。供水系统的设计和运行历来都是为了尽可能地提高能源效率，例如尽可能采用水力发电。从历史上看，能源效率也是污水处理的一个主要关注点，土地利用生物固体，有益地利用生物固体的营养和有机物含量，是许多地方的一个历史性的持续做法。间接和直接的水的再利用是一种历史做法，在许多地方的应用迅速扩大。当然，这些资源效率提升和回收行动都是在满足监管要求的情况下完成的。本书前几章中提供的众多示例展示了水务行业在解决全球能源和环境问题方面的进展。然而，当务之急是，水务行业必须大力增加此类努力的范围。

### 18.2.2 价值层次

可以帮助水务行业加速实施资源回收的一种工具是旅程愿景，类似于图 18.1 中所示的水城市设想。我们的朋友和同事 Jes LaCour Jansen 提供了这样一种描述（图 18.2），虽然它最适用于使用过的水，但对于整个水循环也有作用。以金字塔形式呈现，右侧按价值升序排列各类产品的价值。左侧列举了可以从用过的水流中提取的产品，以说明如何提取增值产品。水被放在金字塔的底部，因为它的回收是给定的。许多可提取产品是碳基的和/或可用于在不使用化石燃料的情况下生产能源，尽管有一些例外，例如营养物质。

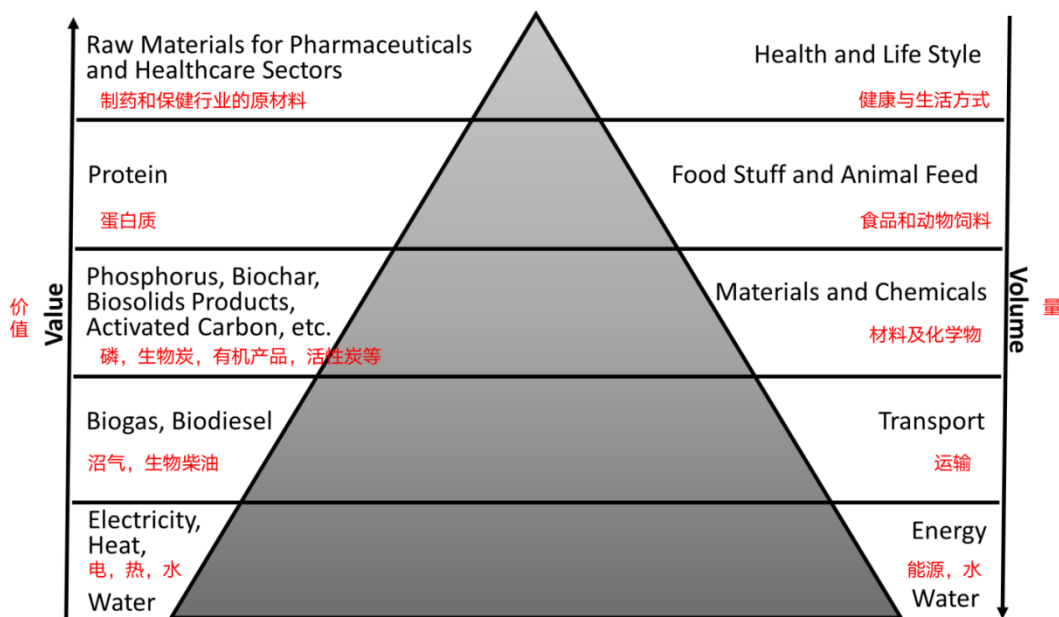


图18.2资源回收金字塔与水循环中的资源回收一致。改编自Jes LaCour Jansen 根据van der Hoek等人的类似图表提出的图表 (2016), 并且可以在 <http://www.betaprocess.eu/the-value-pyramid.php> 中查询到

目前的产品, 除水外, 还包括沼气、热、电(例如通过热电联产、CHP、使用沼气作为燃料的系统产生)、生物固体和磷(例如作为鸟粪石)。然而, 潜在产品的范围说明了可以回收的产品的多样性, 以及它们在货币和社会方面不断增加的价值。这个金字塔中缺少除营养物质氮和磷以外的无机物质, 例如矿物质和金属, 这些物质已被证明具有巨大的潜在价值(Westerhoff et al., 2015)。还可以从城市水循环的其他部分提取资源, 例如用于水处理的混凝剂的回收和再利用。

另外, 我喜欢图18.2中的资源回收金字塔的原因之一是它让我想起了马斯洛的人类需求层次理论, 这是心理学的基本原理。马斯洛的层次结构从基本的人类生存需求发展到那些更有追求的需求, 如个人尊严和自我实现。在图18.1中呈现的水敏感城市逐步发展中, 我也看到了相同的进程, 唯一不同的是图18.2的垂直发展和马斯洛层次结构的经典表现形式在图18.1中是水平呈现的。我从中得到的一个重要信息是, 心理学告诉我们, 人们通常可以设想从一个层次结构到下一个层次结构的进展是可能的, 但不能跨越两个或多个层次。因此, 如果一个人在寻求激励人们采取行动时参考马斯洛的层次结构, 他需要了解目标受众在层次结构中的位置, 以及他希望他们采取的行动如何将他们提升到下一个

层次。要求他们采取行动将他们提升两个层次通常是不成功的。人们可以认为向上移动“一步”是可能的，但不是两步或更多步。这种心理是否适用于水务行业？我们是否需要了解个人效用在图18.2中的金字塔中的位置，并专注于鼓励他们“迈出下一步”？我认为这些都是值得考虑的好问题。

如前几章所示，目前水务行业正在进行的许多努力都集中在以下方面：通过捕获液体流中的碳和通过厌氧消化转化为沼气来增加污水中碳的回收率。这些努力包括主流工艺，例如使用厌氧膜生物反应器（AnMBR），或通过捕获碳并在厌氧消化器中稳定化。正如其在图18.2金字塔中的较低位置所显示的那样，与其他产品相比，这可能代表数量大但价值相对较低的产品。此外，随着电网向太阳能和风能等可再生能源过渡，通过CHP系统生产和使用沼气可能对减少全球环境影响的贡献越来越小。随着发电成本的降低，经济价值也可能随着时间的推移而下降，随着太阳能和风能系统成本的下降，许多地方都会出现这种情况。简而言之，水务行业需要“攀登”图18.2所示的金字塔，才能继续为社会增加价值。

除了产品的固有价值外，其他因素也会显著影响回收资源的增值。以水为例，由地表水和地下水等“天然”水资源生产的饮用水通常被消费者视为与其他“水产品”相比的“黄金标准”。非饮用水产品可能会被用户接受，用于他们想要的用途，但价格往往低于饮用水，即使饮用水不会产生任何附加值。由于水是一项人权，因此水的价格很少反映生产和分配水的真实成本，这一事实使对人类消费水的价值的考虑变得更加复杂。虽然有其他办法来保障那些因实际费用而无法负担的人的权利，例如补贴，但这一方法很少被使用。因此，水可能是价格最低和最不受重视的基本需求之一。还有一个是接受饮用水再利用的问题，无论是间接的还是直接的，即使这种水的质量可能比传统的饮用水更高。幸运的是，随着饮用水再利用越来越为公众所接受，后一种情况正在发生变化（尽管进展缓慢）。人们可能会想，水务行业在多大程度上通过“颂扬饮用水的美德”的历史实践，而不是更好地教育公众了解整个水循环，导致了目前的情况。然而关键是，影响人们的看法可能与所采用的实际做法一样重要。

### 18.2.3 开拓市场和产品

现有的资源回收做法在很大程度上取决于相关市场是否容易获得。水就是一个例子，因为水务公司已经在为客户提供供水服务。沼气的使用又是另一种情况。用过的水产生的沼气通常采用CHP系统进行估值，因为产生的电力通常可以在现场充分利用。为CHP系统所在的设施提供服务的电力公司所产生的电力，仍然可能会出现关于电力购买和回售的问题。这在过去常常导致人们认为通过CHP使用沼气是不经济的。CHP系统也会产生热量，可以在现场使用。现场需求通常不足以充分利用可用的热量，因此除非可以提供给区域供热系统等外部客户，否则它不会得到充分利用。沼气也可以升级为天然气，出售给当地的天然气公司，尽管在制度安排和定价方面可能再次出现困难。在某些情况下，升级后的沼气也被用于为市政车辆提供燃料，从而简化了制度安排。沼气还可以用作生产更高价值产品的原料，例如微生物蛋白质。如图18.2所示，这代表了回收产品的更高价值用途。相比之下，公用事业公司在开发生物固体产品市场方面拥有丰富的经验，特别是在农业社区，一些地方的大部分生物固体被重复使用，而且还用于各种消费品。虽然此类计划通常不会产生足够的收入来抵消成本，但它们确实为生物固体管理提供了一种公众可接受的（因此是安全的）方法，同时产生了环境效益。

简而言之，资源不仅需要回收，还必须转化为产品，这些产品存在足够的需求，并具有支持性的价值链和商业模式，从而可以满足水务公司和客户的需求。这就要求资源回收的形式和质量符合用户要求，要有足够的数量吸引客户，在客户可以使用的时候提供，并且水务公司的经济价值主张要可以接受。在评估对公用事业的价值时，必须和处置资源相比，考虑资源回收的战略和运营价值。如上所述，如果水务公司生产的有用产品有安全的市场，那么它们就不太容易受到阻碍，如果它们的残余物被视为必须处理的废物，就会受到阻碍。因此，从经济角度和确保运营的连续性来看，资源回收不一定要能创造收入才有价值。虽然水务行业已经证明了有能力识别有用的产品并开发必要的价值链和商业模式，但必要的技能并不像现在和未来所需要的那样普遍。这指出了在这些领域进行教育和技能建设的必要性。

随着我们采用促进资源回收的替代水管理模型，大幅提高资源回收率变得

更加容易。对中水回用的接受程度不断提高，促使了替代供水模式的出现，在这种模式中，中水回用和雨水收集被视为强大且有弹性的供水的重要组成部分，可以在干旱条件下正常运行。对“无化学品”水处理技术的兴趣也是一项重要的预防措施，因为它消除了处理化学品和由此产生的残留物。一个具有巨大潜力的选择是到源分离的转变，再加上资源回收。我们最近提出的工作表明，城市规模的尿液分离、收集和转化为肥料产品，在一系列环境（地理位置、处理过的污水养分限制、电网的温室气体含量）上进行评估，持续降低污水管理的生命周期影响(Hilton et al., 2020)。我听到的对源分离的最大反对意见是难以将其改装到现有的基础设施中，尽管许多人在翻修建筑物时没有调查这样做的选项。与此同时，我们以旧的方式建造新建筑，从而延续了这种所谓的约束。解决方案很明显，在新建筑和建筑装修中（总是发生）纳入源头分离管道，并随着时间的推移进行转变。

单细胞蛋白的生产是水管理方法中显著不同的另一个例子，具有固有资源回收特征。原料产品已经在食品加工残留物中产生，包括污水中的单细胞蛋白。人们也在努力利用藻类生产各种产品，不仅是单细胞蛋白，还包括其他更高价值的产品。这些系统可能使用传统的开放式池塘，但也正在寻求开发光生物反应器。Willy Verstraete及其同事(Pikaar et al., 2018) 还提出了可以充分利用污水中的营养物质来生产高质量单细胞蛋白的方法。从资源回收金字塔的角度来看，这些方法值得认真考虑和进一步发展（图18.2）。

### 18.3 加速转变

我在上面已经断言，水务行业不仅有能力而且已经转变到满足不断变化的社会需求阶段，如图18.1所示。此外，资源回收一直是水务行业接受和利用的一种做法，但必须加快推进这一进程。因此，一个重要的问题是我们如何加速采用新技术和实践，例如资源回收，从而增加水务行业对环境、经济和社会的贡献（增加可持续性贡献），并可能实现水务行业脱碳（本书的主题）。

让我们从简单的步骤开始。水务行业资产的长寿命通常被认为是水务行业变革缓慢的原因之一。首先，我们必须认识到，基础设施资产不必按照最初的意图使用，而是可以随着环境的变化重新用于不同的功能。这一点是人们一直

在做的。我要进一步提出，不一定是水务基础设施的寿命长，而是我们规划、设计和建造基础设施时没有充分考虑未来的用途。因此，我们没有充分考虑可以更容易适应未来用途的设计(Daigger, 2011)。我进一步提出，如果我们在规划和设计基础设施时增加灵活性，以适应未来的方法，我们就可以建立更容易适应的基础设施(Daigger, 2017)。会有一些人（或者可能很多人）判断我们已经这样做了，因此不需要做更多。我完全同意在水务基础设施的规划和设计中经常纳入未来的要求。但我想说的是，与水务行业现在必须准备应对的变化的速度和性质相比，传统上这样做的方式或隐或显地假设变化不大，需要作出反应。从历史上看，我们对未来需求的方法是相当确定的，主要基于当前的技术和方法制定数量有限的未来场景和相关对策。虽然这种方法在过去取得了成功，但对于我们面临的更加多变和不确定的未来，它并不能使水务行业的公用事业得到很好的定位。以当前的技术和方法制定应对措施，也会加剧对当前方法的“锁定”。

更积极地将资源回收纳入城市水资源规划和实施中，需要纳入比以往规划过程中通常包含的更广泛的外部因素。不仅要考虑不断变化的服务需求、环境因素（包括气候变化）和社会价值观等因素，还要考虑更广泛地向循环经济转型所带来的不确定性变化。后者的转变将极大地改变可生产产品的性质及其经济价值。幸运的是，我们社区的成员正在开发更适合快速发展和不确定的未来的替代规划方法。例如，Malekpour等人（2016）开发了一种探索性规划和实施方法，该方法侧重于制定一个在各种情况下都能令人满意地执行的稳健计划，而不是当前的预测方法，重点是开发一个在确定情况下表现最好的最佳计划。同样，正如上面所讨论的那样，存在一些实施水务行业基础设施的方法，可以更容易地适应其他用途（Daigger, 2017）。Malekpour等人（2016）提出的方法也包括明确识别广泛的社会需求，并将解决这些需求作为该过程的一个组成部分。诸如此类的方法侧重于保持灵活性以适应未来的条件，同时随着发展，还采取措施学习和整合这些知识。诸如此类的综合规划和实施方法需要进一步发展并成为规范。重要的学习不仅发生在个别公用事业和社区内，而且发生在整个行业内。促进整个行业的学习是我们专业协会的一项基本职能。

时间是至关重要的，不仅是因为需要减少水务行业的环境足迹，还因为变革过程的性质。O'Callaghan等人（2018）研究了水务行业采用新技术和新做法



的情况，证明了经典S曲线的适用性（如上所述，但如果需要此模型的背景，请参阅Rogers（2003））。他们还证实了水务行业采用的时间框架很长，在研究新技术和创新的采用率的差异时，他们将其分为需求驱动和价值驱动两类（O'Callaghan et al., 2019）。他们发现，需求驱动的技术和创新通常比价值驱动的技术和创新被更快地采用。不幸的是，资源回收和脱碳变革通常被视为价值驱动，这表明需要改变这种模式以认识到我们需要减少环境足迹的紧迫性。如上所述，水务行业历来经历的漫长时间框架可能也不是固有的，而是过去实践和态度的结果。纳入不断发展的规划和实施方法，如上文所述，再加上实施更灵活和适应性更强的基础设施，可能会缓解一些历史上限制水务行业快速采用新技术、方法和实践的因素。

我们还需要更全面地了解水务行业发生变化的过程，并将对这种扩展的理解纳入我们加速变革的努力中。在这方面，我参考了Rebekah Brown及其同事的工作，他们研究了水管理实践和相关技术的演变，尤其是在澳大利亚墨尔本（Barron, et al., 2017; Brodник and Brown, 2018; Brown, et al., 2013; and Brown, 2005）。图18.3将这一过程描述为倡导新方法的人（提倡叙述）和反对新方法的人（对比叙述）之间的渐进式对话。这使我想起多年前接触到的另一种变革模式，它被称为“三分法则”。这个模型表明，一般来说，人们在对新想法和新概念的反应中通常属于三个群体之一。一部分人（在这个模型中，由其中的“三分之一”代表）喜欢新想法，另一部分抵制新想法（另一个“三分之一”），其余的则是不确定的。图18.3中的模型与“三分法则”相一致，并将其定义为欢迎新想法和新概念的人与倾向于抵制新想法和新概念的人之间的对话。从“三分法则”中得到的重要启示是，这两个群体，即欢迎和抵制新思想和新概念的群体，是由此产生的对话中的参与者，但观众是那些不确定的群体。因此，要创造变革，就不必说服那些天生抵制新想法或新概念的人，而是说服那些不确定的、倾向于不参与对话的人，至少最初不是。当然，这并不是说这三类人中的某一个是好是坏。相反，当有足够多的人参与进来时，它只是反映了人类本性。



图18.3 新实践的发展示意图

表 18.1 实践的发展

过渡阶段	参与者	桥梁	知识	项目	工具
6. 纳入新实践	多部门联合	正式部门	下一步研究议程	标准实践	政治权利, 协调权, 全面的监管模式和工具
5. 政策和实践的传播	政策和决策联合	科学产业政策建设	建模解决方案、能力建设	众多以行业为主导的现场试验	立法修正案, 市场补偿, 国家最佳实务指南, 监管模式
4. 知识传播	非正式政策联合	科学产业政策建设	先进的技术解决方案	重点科学现场演示	最佳实践指南, 目标
3. 共识和签发协议	技术解决方案联合	科学产业政策	基本的技术解决方案	小型科学现场演示	起草最佳实践指南
2. 问题的定义	科学领导者	科学产业	因果关系	基于实验室和科学解决方案原型	N/A
1. 问题的出现	问题活跃者	N/A	问题调查	备受瞩目的科学研究	N/A

图18.3还说明了对话的性质, 从问题的出现, 到解决方案的确定和初步实施, 再到最后政策和法规的制定, 并将结果纳入到新的实践中。表18.1进一步确定了在每个阶段参与这些对话的主要参与者, 强调了桥梁和/或机构对促进图18.3所

示对话的重要性，以及支持完善和定义新想法和概念的知识进展。试点和示范项目对于发展对话取得进展所需的知识至关重要。还列出了在每个阶段获得的知识的巩固工具。审查这一过程的一个重要结果是，必须首先提供证据来支持政策制定、监管和转化为标准实践。该模型清楚地表明，试点研究、示范项目和实际应用对于为随后的政策制定和监管提供所需的证据至关重要。有些人设想转变过程从政策和法规开始。通常情况并非如此，因为良好的政策和法规需要以证据为基础，并且通常需要证据来形成制定和接受政策和法规所需的共识。这强调了整个水务行业已经发生的活动的重要性，因为它们是变革过程的重要组成部分。但我们必须利用这些新的行动，巩固正在取得的进展，实现并加速将其转化为政策、法规和标准实践。同样，这可能是我们专业协会的一个重要作用。

## 18.4 前进的道路

水资源管理是一条道路，而不是目的地。过去是这样，将来也是这样，而且是以正在发生的更广泛的社会经济变化为背景。水务行业已经展示了适应不断变化的环境的能力，有时是追溯性的，有时是主动性的。全球变化的整体步伐要求适应必须比过去更加积极主动。采用由水务行业领导者倡导并被越来越广泛地应用的“全水”和资源回收范式，代表了当前所需的方向。虽然这本书的重点是脱碳，与资源回收密切相关，但在我们积极主动地沿着面前的道路前进时，也需要认识到与之相伴的“全水”的转型，因为这些模式在水务行业内相互影响。“全水”的两个核心概念是：（1）解决方案的组合概念；（2）开发在“极端情况下”表现良好的解决方案。组合概念是通过在缺水地区的供水方法来说明的，这些方法涉及在一系列水文条件下运行良好的供水组合。对于一个特定的社区来说，适当的组合包括传统的供水（地表水和地下水）以及节水、雨水收集、再利用和海水淡化的组合。同样的概念越来越多地应用于雨水管理，将管道和堤坝等传统方法与自然系统和土地利用规划相结合。极端情况规划反映了投资组合必须在广泛的水文条件下良好运作的事实。这意味着不再寻找“最佳”、成本最低的解决方案，该解决方案只能适用于特定的一组条件。

随着行业越来越多地采用并将资源回收作为核心目标时，“全水”背后的思

维过程也可以很好地发挥作用。迄今为止，水以外的资源回收主要集中在从水循环中回收的相同资源上，即沼气和生物固体产品。沼气一般转化为电能和热能。如图18.2所示，这些是价值相对较低的产品。此外，如上所述，随着太阳能和风能等可再生资源越来越多地取代化石燃料用于能源生产，从环境/社会和经济角度来看，电力的价值可能会随着时间的推移而下降。虽然沼气和传统生物固体在某些情况下可能仍然是理想的产品，但必须将更广泛的产品添加到公用事业常规可以使用的“产品组合”中。水管理系统还需要更加灵活地调整在任何特定时间回收的资源，以便公用事业公司可以适应不断发展的循环经济并以经济的方式生产满足需求的产品。在水管理系统中建立这种灵活性不仅需要能够从功能角度更快调整的基础设施，还需要在水管理机构中建立专业性和机构能力。增强商业心态就是一个例子，因为虽然水务行业必须继续维持供水服务（数量和质量），但开发将回收的资源转化为满足经济需求的产品的系统性能力必须变得更加普遍。

如上所述，需要新的规划、管理和实施范式以及实践。我们需要从以往的周期性计划和适应不断变化的条件的方法转变为一个更连续的过程。我们还需要调整我们的决策，从在一组确定的条件下以成本效益为主导，转而更加重视保持灵活性和纳入导致计划变化的学习要素。这一切都是可能的。

上面没有提到的是，在完成这些转变的同时，还需要解决社会上的公平和包容问题。在此，我将简单提及IWA开发的一些资源，以协助水务专业人员确保地球上的所有公民都能享受到用水的人权和卫生设施(Bos, 2016; Hirano & Latorre, 2020a, 2020b)。社会已经承诺通过将水和卫生设施作为一项人权，并通过表达可持续发展目标，来普遍实现这一权利。

表 18.2 领导力挑战(Kouzes & Posner, 2017)目录节选

练习 1：以身作则

1. 明确价值观
  - a. 发现真正的自己
  - b. 确认共同的价值观
  - c. 采取行动：明确价值观
2. 树立榜样
  - a. 践行共同价值观
  - b. 教别人树立价值观
  - c. 采取行动：树立榜样

练习 2：共启愿景

1. 展望未来
  - a. 想象各种可能性
  - b. 寻找共同目标
  - c. 采取行动：展望未来
2. 招募其他人
  - a. 诉诸共同的理想
  - b. 将视觉动画化
  - c. 采取行动：招募其他人

练习 3：挑战现状

1. 寻找机会
  - a. 掌握主动权
  - b. 锻炼洞察力
  - c. 采取行动：寻找机会
2. 试验和冒险
  - a. 产生小胜利
  - b. 从经验中学习
  - c. 采取行动：尝试并承担风险

练习 4：让他人采取行动

1. 促进合作
  - a. 营造最真实的氛围
  - b. 促进关系
  - c. 采取行动：促进合作
2. 使他人变强
  - a. 加强自决
  - b. 培养能力和信心
  - c. 采取行动：使他人变强

练习 5：鼓舞人心

1. 认可贡献
  - a. 期待最好的
  - b. 个性化识别
  - c. 采取行动：认可贡献
2. 庆祝价值观和胜利
  - a. 营造社区精神
  - b. 亲自参与
  - d. 采取行动：庆祝价值观和胜利

良好的政策和法规当然可以帮助进行必要的持续转型。然而，正如第17章所讨论的以及图18.3和表18.1所示，我们必须承认政策和法规落后于新兴的实践。需要证据和经验来形成通过政策和法规所需的共识，并为制定建设性政策和法规奠定基础。因此，我们必须始终“推陈出新”来学习并为变革提供基础。这是一个领导力的问题。

我最喜欢的关于领导力的书是Kouzes和Posner的《领导力挑战》（2017）。大约25年前，我第一次接触到它（实际上是第三版），发现它的内容非常有用，无论是对我自己还是当我需要与他人合作一起提高领导能力时都非常有用。表18.2总结了Kouzes和Posner发现的五个核心实践，它们是良好领导力的基础。Kouzes和Posner还强调，领导力不是与生俱来的，而是一种习得的技能。水务行业的领导力确实是前进道路的核心要素。如表18.2所示，有效的领导力可以归结为五个核心实践。我们有如此多的领导者已经在练习这项技能，这一事实清楚地表明，水务行业可以胜任这项任务。我们只需要继续前进，利用每一个机会来加速这个过程。通过共同努力，我们可以使水务行业更具可持续性、弹性和公平性。

## 参考文献

- Barron N. J., Kuller M., Yasmin T., Castonguay A. C., Copa V., Duncan-Horner E., Gimelli F. M., Jamali B., Nielsen J. S., Ng K., Novalia W., Shen P. F., Conn R. J., Brown R. R. and Deletic A. (2017). Towards water sensitive cities in Asia: an interdisciplinary journey. *Water Science and Technology*, 76(5), 1150–1157. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.287>
- Bos R. (2016). *Manual of the Human Rights to Safe Drinking Water and Sanitation for Practitioners*. IWA Publishing, London.
- Brodnik C. and Brown R. (2018). Strategies for developing transformative capacity in urban water management sectors: the case of Melbourne, Australia. *Technological Forecasting & Social Change*, 137, 147–159. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.037>
- Brown R. R. (2005). Impediments to integrated urban stormwater management: the need for institutional reform. *Environmental Management*, 36(3), 455–468. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0217-4>
- Brown R. R., Keath N. and Wong T. H. F. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science and Technology*, 59(5), 847–855. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.029>
- Brown R. R., Farrelly M. A. and Loorback D. A. (2013). Actors working the institutions in

- sustainability transitions: the case of Melbourne's stormwater management. *Global Environmental Change*, 20(2), 287–297.
- Daigger G. T. (2011). A practitioner's perspective on the uses and future developments for wastewater treatment modelling. *Water Science and Technology*, 63(3), 516–526. <https://doi.org/10.2166/wst.2011.252>
- Daigger G. T. (2017). Flexibility and adaptability: essential elements of the WRRF of the future. *Water Practice & Technology*, 12(1), 156–165. <https://doi.org/10.2166/wpt.2017.019>
- Hilton S. P., Keoleian G. A., Daigger G. T., Zhou B. and Love N. G. (2020). Life cycle assessment of urine diversion and conversion to fertilizer products at the city scale. *Environmental Science & Technology*, 55(1), 593–603. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04195>
- Hirano M. and Latorre C. (2020a). *Guidelines for Public Participation in the Regulation of Urban Water Services*. IWA Publishing, London.
- Hirano M. and Latorre C. (2020b). *Tools for Public Participation in the Regulation of Urban Water Services*. IWA Publishing, London.
- Kouzes J. M. and Posner B. Z. (2017). *The Leadership Challenge: How to Make Extraordinary Things Happen in Organizations*, 6th edn. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Malekpour S., de Haan F. J. and Brown R. R. (2016). A methodology to enable exploratory thinking in strategic planning. *Technological Forecasting & Social Change*, 105, 192–202. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.01.012>
- O'Callaghan P., Daigger G., Adapa L. and Buisman C. (2018). Development and application of a model to study water technology adoption. *Water Environment Research*, 90, 563–574. <https://doi.org/10.2175/106143017X15054988926479>
- O'Callaghan P., Adapa L. and Buisman C. (2019). Analysis of adoption rates of needs driven versus value driven innovation water technologies. *Water Environment Research*, 91, 144–156. <https://doi.org/10.1002/wer.1013>
- Pikaar I., de Vrieze J., Rabaey K., Herrero M., Smith P. and Verstraete W. (2018). Carbon emission avoidance and capture by producing in-reactor microbial biomass based food, feed and slow release fertilizer: potentials and limitations. *Science of the Total Environment*, 644, 1525–1530. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.089>
- Rogers E. M. (2003). *Diffusion of Innovations*, 5th edn. Free Press, NY, NY.
- Sedlak D. (2014). *Water 4.0: The Past, Present, and Future of the World's Most Vital Resource*. Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- van der Hoek J. P., de Fooij H. and Struker A. (2016). Wastewater as a resource: strategies to recover resources from Amsterdam's wastewater. *Resources, Conservation and Recycling*, 113, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.05.012>
- Westerhoff P., Lee S., Yang Y., Gordon G. W., Hristovski K., Halden R. U. and Herckes P. (2015). Characterization, recovery opportunities, and valuation of metals in municipal sludges from U.S. Wastewater treatment plants nationwide. *Environmental Science & Technology*, 49, 9479–9488. <https://doi.org/10.1021/es505329q>