

PortsE2 评价

利用 E2（源流域）框架的水质决策支持系统

Sharyn RossRakesh
Simon Pierotti

墨尔本水务公司技术报告系列
报告号 2011/1 —— 2011 年 7 月

墨尔本水务公司（Melbourne Water）归维多利亚州政府所有。我们管理墨尔本的供水流域，清除和处理墨尔本大部分的污水，管理整个菲利普港和西港（Westernport）地区的河流、溪流和主要污水系统。

本文件应当被引用如下：

RossRakesh, S.L. 和 Simon Pierotti, (2011) 技术报告编号为 2011/1: PortsE2 评价 利用 E2（源流域）框架的水质决策支持系统。墨尔本水务公司，墨尔本。

由墨尔本水务公司委托报告并发布。想要更多副本，请联系墨尔本水务公司：

电 话： +61 3 9235 7100

传 真： +61 3 9235 7200

电子邮件： techreports@melbourneWater.com.au

网址： <http://www.melbourneWater.com.au>

邮箱： 澳大利亚维多利亚州 3001，墨尔本，4342 信箱

ISBN

0-7311-***-*

ISSN

DOI

© Melbourne Water Corporation 2009

本文件是有版权的。除版权法案 1968 所允许的任何用途外，只要及时知会墨尔本水务公司及本文作者，本报告可以被复制。

文件版次和修订

文件版次

版次	发布日期:	发布对象	发布人
第 1 稿	2011 年 8 月 11 日	研究和技术、流域战略、系统和生物多样性、地球系统、eWater CRC	墨尔本水务公司、流域
最终稿	2011 年 8 月 17 日	研究和技术、流域战略、系统和生物多样性、地球系统、eWater CRC	墨尔本水务公司、流域

文件变更

变更	发布日期:	发布对象	发布人
第 1 稿			
第 2 稿			
最终稿			

执行摘要

本文由墨尔本水务公司（澳大利亚太湖团队的一名成员）在 AusAID 的中澳环境发展伙伴项目（ACEDP）的支持下，为太湖水污染治理项目（后面称为“项目”）而编写。其目的是为中国政府合作伙伴，包括国家发改委、太湖流域管理局、来自苏州和湖州的政府机关、以及参与太湖健康与质量管理其他利益相关方，提供务实的深入见解，以深入了解开发和应用诸如 PortsE2 及其后续模型的一揽子模型将会带来的成功与挑战，这些模型的架构运用了源流域框架。

2011 年 7 月，项目启动了一个名为“源流域建模及面源污染管理的政策应用”的延续活动。项目延续包括为苏州（江苏省）的一个子流域开发一个“源流域”演示模型。其目的是演示集成式模型的应用并帮助理解在流域级别营养物的源和变化过程，以及怎样将这些模型用于：a) 确定关键的 N 和 P 污染源以及优先复原区域；b) 设定流域水质目标和土地利用分区/目标；c) 设计有效的水质监测系统，以便为政策制定提供支持；以及 d) 告知政府的优先投资需求、以及信息和研究优先事项。

本文意在作为对这个延续活动的一个重要贡献，通过就这些模型的优势和局限性展开交流，让政策制定者和践行者对于这些模型能够怎样用于告知政策、投资和管理决策、从而在流域级上控制面源（和点源）氮污染，有一个更好的现实理解。

墨尔本水务公司在过去 10 年中从开发和利用诸如源流域这样的、宽范围污染物生成模型中获得了重要的知识。墨尔本水务公司已经参与了许多建模项目，本文将重点介绍在为**更好海湾和水道**（Better Bays and Waterways, BBW）而开发的决策支持系统（Decision Support System, DSS）中吸取的经验教训，该系统是一个针对墨尔本区域的水质改进计划（WQIP）。所用的模型 PortsE2 是源流域模型的前身。为了支持太湖项目——“源流域建模及面源污染管理的政策应用”，墨尔本水务公司已经评价了在计划整个大区的水质改进规划中利用这些模型的成功之处和面临的挑战。

更好海湾和水道计划（BBW）成功纳入了该模型的几个关键发现。这个模型在展示污染物面源负荷的重要性、及哪种土地利用类型贡献了最多的污染负荷方面尤其成功，该模型能够量化因城市开发加剧而带来的重大威胁，模拟各种政策管理方案，从而帮助抵消这种影响。最后，而且很重要是：执行目标被纳入了基于 PortsE2 模拟方案的最终计划。

像 PortsE2 这样的模型对于制定水质计划至关重要，然而，像所有的模型一样，它们需要彻底开发。本文应当能帮助太湖水污染处理项目制定一个完善、有用的源流域模型。下面汇总了墨尔本水务公司相信对于一个成功模型至关重要的、关于模型开发和应用的一些关键方面：

- 确保在模型开发和分析过程中，咨询了模型输入或输出的所有利益/利害攸关者，确保他们参与其中。
- 确保在模型开发和分析阶段将所有的决定都形成清楚的文件，从而确保知识的传递。
- 明确模型的目标——一个单一的模型无法为所有的管理者和政策制定者提供知情决策的必要工具。
- 确保在做出管理决策前，为评估结果和完善模型（或如果需要的话，重建模型）留出充足的时间。

- 确保流域划分、土地利用类型以及它们的空间分布能够反映模型目标，并将带来所期望的输出。
- 考虑未来的模型需求，使其能够纳入新的数据和方案。
- 特别注意模型的校核——确保模型制定者和模型输出结果使用者之间的美好沟通。
- 在流程开始时，理解所需的结果类型，建立一种以期望格式提取结果的方法/流程。
- 如果制定减少污染物负荷的目标是这个模型的目标，那么在开发模型之前就要非常明确这些目标的形式及方法论。
- 土地利用变化方案可以是这个模型的一个非常强大的用途，但是要确保在开发模型前就建立方法论。
- 像最佳管理实践（ Best Management Practices (BMPs) ） — 即水敏感型城市设计（ Water Sensitive Urban Design (WSUD) ） 或农村土地最佳管理实践这样的建模管理干预——可以非常有用，但是要仔细考虑建模方法和不确定性。
- 把成本、成本的有效性、以及其他将影响决策的因素纳入到建模的管理行动中。



位置图

目录

执行摘要	iii
1 背景	1
1.1 背景	1
1.1.1 模型的目的	2
1.1.2 来自 PortsE2 的结果	3
2 模型设置	7
2.1 模型设置	7
2.1.1 模型的目标	7
2.1.2 模型的输入	8
2.1.3 校核	8
2.1.4 从模型中提取数据	9
2.1.5 总结和关键经验教训	9
3 模型的应用	10
3.1 模型的应用	10
3.1.1 基于土地利用的负荷	10
3.1.2 报告基于流域的负荷	11
3.1.3 热点	11
3.1.4 目标	13
3.1.5 点源	14
3.1.6 土地利用变化方案	14
3.1.7 处理措施方案	15
4 墨尔本水务公司和未来的建模	17
4.1 未来的建模	17
5 参考文献	18

1 背景

本节概述了墨尔本区域水道和受体海湾中的水质问题。它包括最近一个由维多利亚州环境保护署和墨尔本水务公司合作开展的水质改善计划的背景情况，以及利用 E2 建模框架的逻辑依据。与这个模型的目标概况一起提供的，还有该模型的一些成果和使用情况。

1.1 背景

在过去的几十年中，菲利普港和西港地区的水质极大地受益于像《环境保护法 1970》这样的保护法规、随后的法定政策和整套环境管理计划、以及在陆上工程的重大投资。然而，流域的水道和海湾仍然受到来自面源污染物、城市扩张和气候变化的威胁，它们中的每一个都代表了重大的管理挑战。

2004 年，墨尔本水务公司和维多利亚州环保署得到了来自澳大利亚政府的资金，以制定菲利普港和西港地区水道和海湾的水质改善计划。随之而来的，是制定了“更好海湾和水道（Better Bays and Waterways, BBW）”，这是一个在一系列管理计划内的、包含 93 项活动的五年计划。

威胁水道、菲利普港和西港水质的有几种关键污染物（表 1）。

表 1 在更好海湾和水道计划中调查的污染物

海湾或水道	关键污染物	其他污染物
水道	磷	氮、悬浮固体、有毒物质、病原体
菲利普海湾	氮	磷、悬浮固体、有毒物质
西港	总悬浮固体	氮、磷
水道和岸边（休闲娱乐用）	大肠杆菌（水道）、肠球菌（海洋和岸边）	废弃物

当规划水质投资时，流域模型是一个重要的工具。虽然有几种建模框架可供选择，但 eWater 建模工具包里的 E2 建模框架包含合适的功能性与所需的业界接受度。

源流域已经采用了 E2 建模框架。

本文的讨论反映了墨尔本水务公司人员在开发和应用 E2 建模框架中积累的经验。他们通过建模的过程积累了很多的经验，希望能够为其他人从事类似项目提供帮助。最后，还讨论了对未来建模和模型使用的建议。

1.1.1 模型的目的

源流域建模框架在墨尔本水务公司主要用于开发 PortsE2 模型。PortsE2 是为制定“更好海湾和水道计划 (BBW)”而开发的决策支持系统 (DSS)，该计划是为菲利普港以及西港流域和海湾而制定的水质改善计划 (WQIP)。在 WQIP 合同中是这样描述 DSS 的目的的：

- 提供关于当前水质和污染物负荷的数据和信息
- 决定水质热点
- 确定污染源和管理的优先领域
- 使对不同土地管理实践和管理干预的“方案—测试”成为可能
- 评估优先的水质管理计划（哪个是最有效的，在哪里最有效）
- 为目标——设定提供帮助
- 为模型输出的可靠性提供可信度
- 将指出哪些数据缺失或不完整，哪里需要我们收集更多的数据或研究提高数据输出的可靠性。

该模型的次级目标是：

- 为跟踪 WQIP 的实施以及水质目标、地区目标的实现提供一个工具
- 为指导水质监测计划（将评审当前的数据收集计划，并重新聚焦于满足模型需求）提供一个工具
- 成为一个能为菲利普港和西港地区所有自然资源管理机构所用的模型

菲利普港和西港地区占地 12,800 平方公里，有 8,000 公里的河流和溪流，在其边界内居住着四百多万人口。模型开发过程经历了两次变化。由 Argent (2006) 完成的第一代模型生成了负荷参数 (TSS、TN、TP、盐、病原体、有毒物质)，以满足 BBW 的要求。该模型包括 12 个土地利用类型和地区内超过 189 个子流域 (图 1)。模型的第二个版本利用墨尔本水务公司负荷监测计划的数据再次校核，在估算进入海湾的负荷方面提供更高的确定性 (BMT WBM, 2009)。

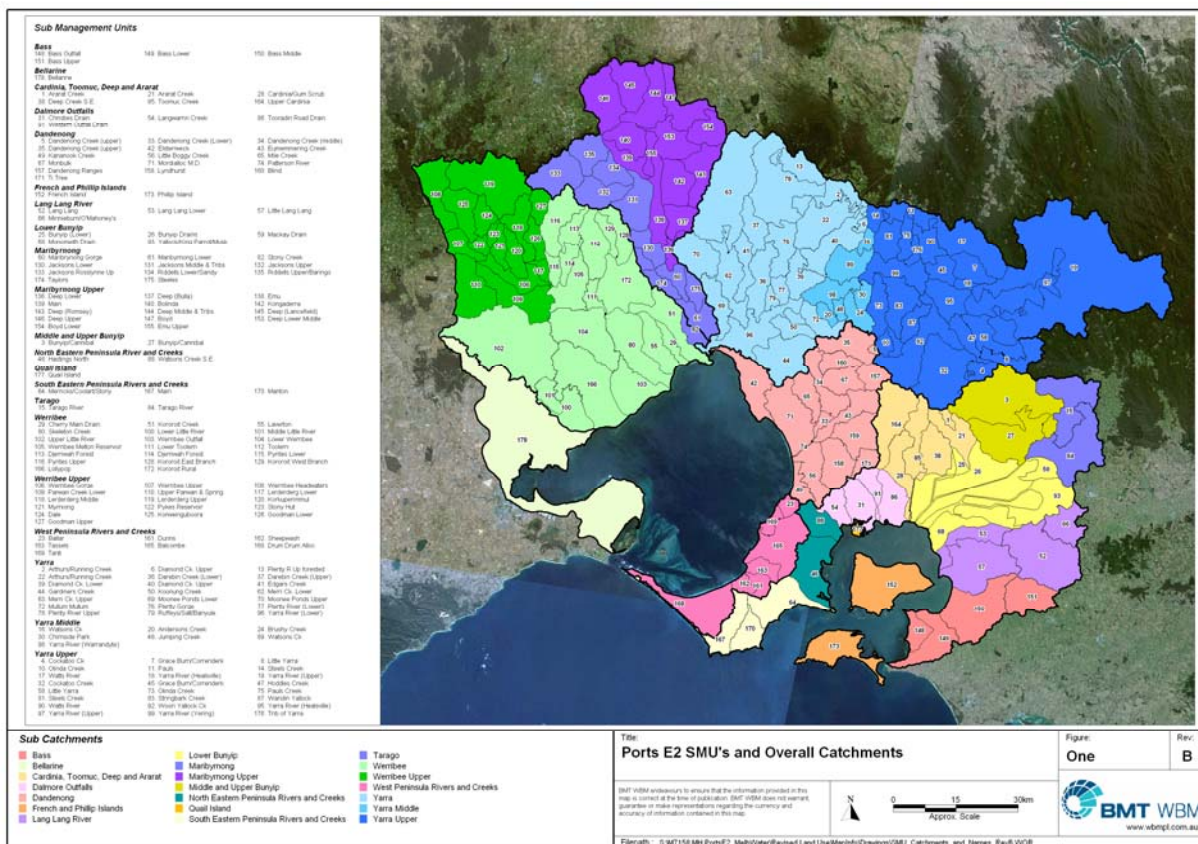


图 1 用于 PortsE2 模型子流域图

1.1.2 来自 PortsE2 的结果

模型为“更好海湾和水道计划”（BBW）提供了基于负荷的重要数据，还引出了计划内的优先举措和投资。来自模型的一些最有用的输出包括：

- 量化点源和面源负荷的比例。
- 量化面负荷源，即来自不同的农村和城市土地利用类别的贡献。
- 方案建模坚持设定用于“更好海湾和水道计划”的、基于负荷的五年实施目标。
- 建模并估算规划的城市发展带来的污染物负荷增加。
- 估算和比较一系列土地利用和土地管理活动的污染缓解措施（最佳管理实践）。

模型比较了菲利普海湾（图 2）和西港（图 3）的面源负荷和点源负荷情况。结果表明：面源负荷和点源负荷在菲利普港海湾流域相当均匀，而在西港流域则以面源负荷为主。分析还显示面源负荷在较湿润的年份占主导地位。

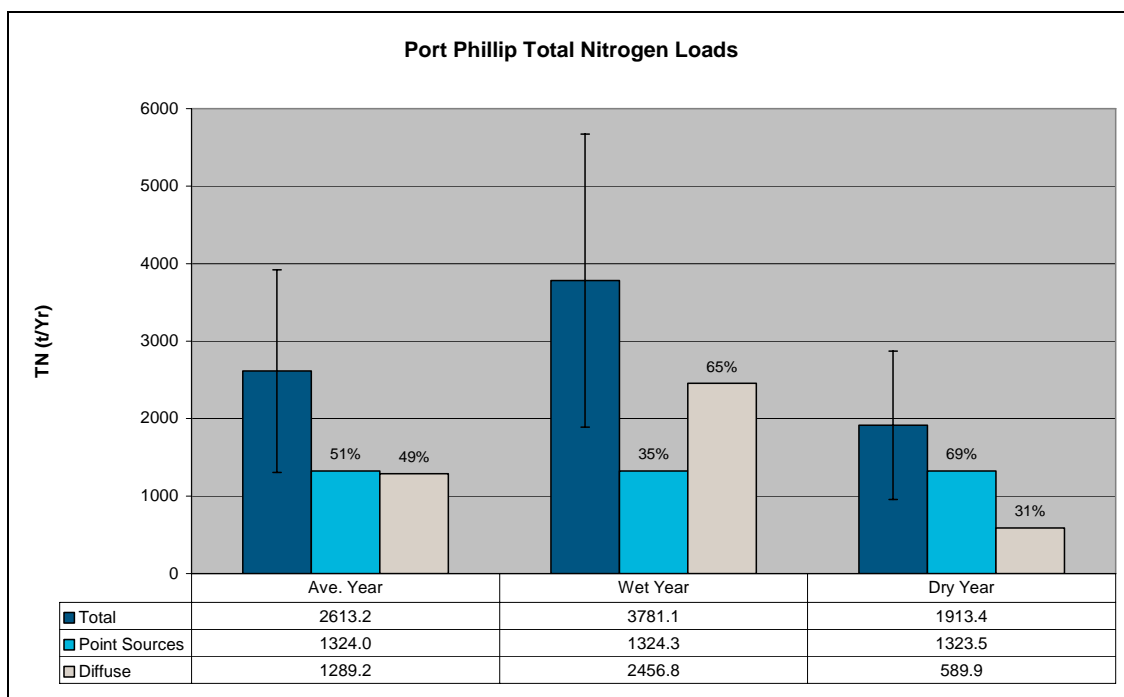


图 2 三种气候方案下进入菲利普海湾的总氮负荷中面源负荷和点源负荷之比较

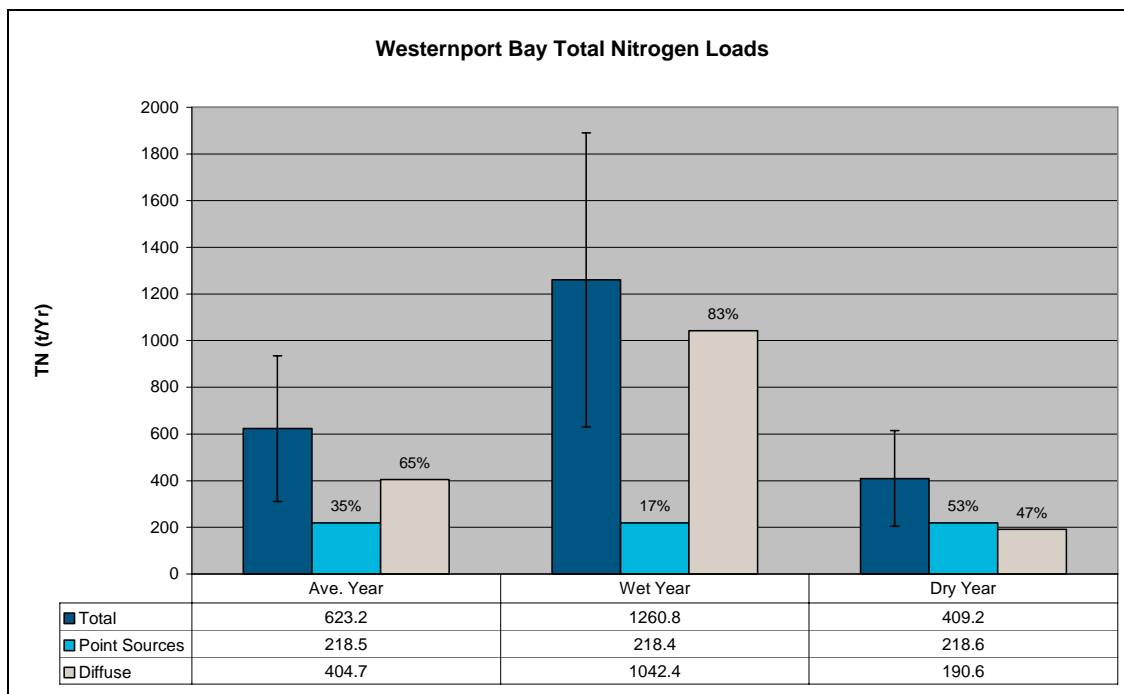


图 3 三种气候方案下进入西港的总氮负荷中面源负荷和点源负荷之比较

模型能够量化向接纳水体贡献了最多污染物的土地用途（图 4）。虽然城市土地利用（住宅、商业和工业）占流域总面积的比例相对较小（菲利普港地区的 19% 和西港地区的 2%），但它们在整個地区产生的总污染负荷中的贡献却高得多。这一点在菲利普港流域最突出，来自城市用地的暴雨径流是最大的污染物负荷源（49-60% 的建模负荷）。

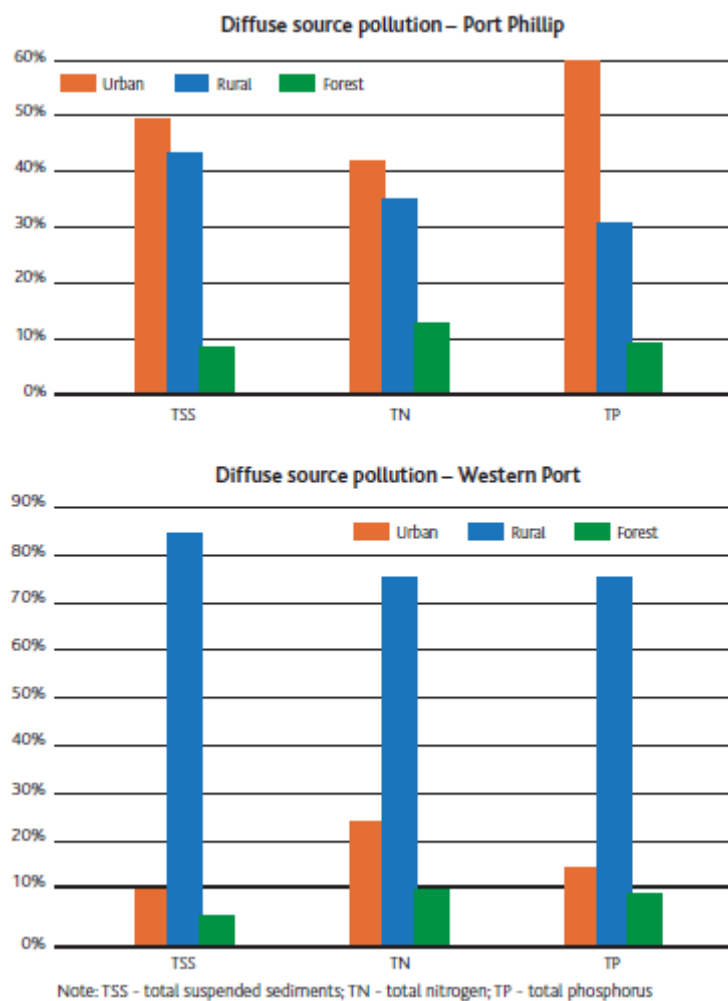


图 4 整个菲利普港和西港流域 TSS、TN 和 TP 面源负荷的土地——利用明细。

利用 PortsE2 模型，预计因为未来的城市开发，进入两个海湾的污染物还将增加。在年均气候数据、以及墨尔本 2030 年未来土地分区数据的基础上进行估算，结果显示：与西港流域相比，来自菲利普港流域的负荷显著增加。例如，预计到 2030 年进入菲利普海湾的氮负荷将增长 23%（图 5）。结果还强调，重要的是将水敏感型城市设计（WSUD）纳入城市发展以防止负荷增加，或至少使其增加值最小化。

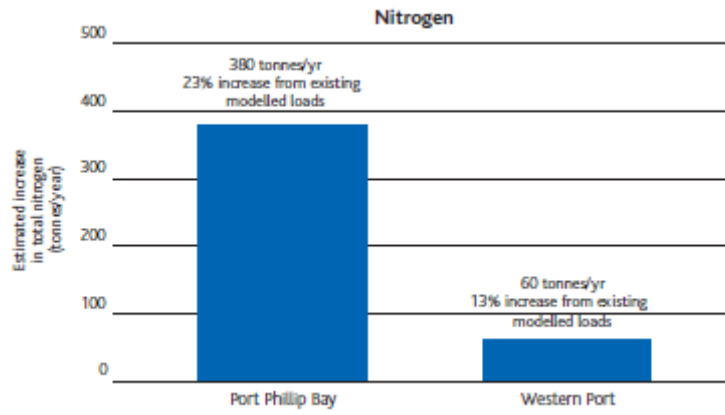


图 5 从 1996 年到 2030 年，预计的绿地和空地开发导致的总氮负荷估计增长值——基于墨尔本 2030（墨尔本水务公司，2009 年）

2 模型设置

本节介绍了在 Ports E2 项目中效果很好的一些模型开发关键领域、以及可以改进的领域。

2.1 模型设置

在模型设置上总需要花费大量的时间。当时还没有 eWater，但现在 eWater 的最佳实践模型文件（Black 等人，2011 年）是关于如何适当设置和最大化利用此类模型的很好的参考资料。

总的来说，对于这样一个由一个多机构、多学科工作组指导的大型流域来说，PortsE2 模型是个很好的选择。在定义子流域、报告位置、土地利用类型、以及运行模型所需的数据输入方面（例如，降雨）做出了巨大的努力，所有这些都为其打下了良好的基础。

由于 PortsE2 是为了一个特定的目的而建的，所以墨尔本水务公司已经意识到，有必要确保这些模型的设置未来可用于中期到长期。当可以提供更高质量的数据并试图重新校核并更新模型时，这些前期努力将能够将未来的工作量最小化。当未来的需求发生变化时，能够以最小的努力改变模型从而回答不同的问题，也是非常重要的。

在模型设置过程中，记录每一个流程并形成文件是非常重要的，这样可以更新数据，并使其容易为人所理解。

2.1.1 模型的目标

在建立流域模型之前，需要先有明确的目标。这些目标将确定建立和校核模型的方式、以及模型的用途。同样重要的是，请记住单一的模型是无法为所有管理者和决策者提供知情决策所需工具的。为回答某一特定问题而设定的模型，并不一定能够回答另一个问题。重要的是在建立模型之前清楚地知道您希望模型能够分析什么、输出什么。为了帮助实现这些目标、开发模型，在 PortsE2 开发的过程中成立了一个多机构工作组。更重要的是这个工作组不仅包括建模专家，还包括政策制定人员，这保证了对整个流程中可能采取的不同决定的意义有一个很好的理解。对于模型的初始设置，这个流程行之有效，这个小组对模型有很高的自主权。然而，也存在着一些不足，该小组没有足够的技术代表（建模专业技术工作外包给合格的供应商），没有在整个项目生命期内坚持开会。

其中，最成功满足的一些目标包括：

- “使对不同土地管理实践和管理干预的‘方案—测试’成为可能”这一目标在评估未来城市的发展影响方面尤其成功；

- 实现了“为‘目标—设定’提供帮助”的目标，因为计划所包含的区域级实施目标正是基于五年城市发展规划的负荷抵消模型估计结果；
- 目标“将确定哪里的数据缺失或不完整，以及需要我们在哪里收集更多的数据、或需要研究以提高模型输出的可靠性”已经引出了几个项目，以改进和完善模型背后的数据。

2.1.2 模型的输入

在流域建模中，可靠而准确的模型输入至关重要。PortsE2 模型利用流量和水质的历史数据，包括蓄水、提取和点源数据，构建了 DSS。这个数据具备合理的精度，重大错误已经在质量检查过程中由相关专家机构定义。这些数据集如果有任何错误在数据整理过程中没有被发现，将会影响模型的准确性。时间应该花在验证降雨和 PET（潜在蒸散量）输入数据的质量上。还应当指出，如果需要为模型创建降雨和 PET 数据，可以方便地重新存取和复制。

要建立一个流域模型，子流域的划分是一个非常重要的步骤，尤其是当需要改变模型而必须重建整个模型时。为了校核该模型，通常流域出口位置应当与水文站和蓄水水库相符。将流域划分到目前没有用于校核的水文站也是一个好主意，因为它们在日后可能会有用。

选择功能单元（即土地利用类型）也很重要，特别是如果需要基于土地利用的结果时。在 PortsE2 中注意到的一个认知缺陷是，选定的大部分功能单元没有足够的数据来支持某个物质生成值（即水质浓度）。因此，重要的是选择您能够在模型中正确参数化的土地利用类型。在开始阶段同样重要的还有：明确地知道报告所需的特定土地利用类型，并考虑将它们合并归纳的方法。土地利用类型可以在模型建立后更新，不过这可能会影响模型校核。

一般来说，模型中的流域和土地利用很适合该模型的目标。进一步的改进，特别是与土地利用有关的，请参见第 3.1.1 节。

2.1.3 校核

流域模型的校核是一个复杂的过程。要使模型的结果有任何确定性，必须将模型校核到足够的水平。另外，取决于模型的需求，可能会以不同的方式校核模型。可以采用各种时间尺度，观察每年、每月、每天或某时的结果、以及基于事件的结果。对于专业人士来说，很难沟通某种步骤的全部可能后果，因此关于工具的讨论应当与校核工作同时进行。

在建立 PortsE2 模型的过程中，我们注意到没有在初始校核上花费足够的时间。联邦政府（出资者）渴望看到模型能够尽可能精确，希望它能尽可能接近实际（监控的）的负荷，因此又进行了第二阶段以重新校核模型，使其更接近实际（监控）负荷。但问题是，只在海湾出口处校核了模型，而没有在上游流域校核。这凸显了人们对于采用这样的方法来校核模型的目的和意义还不够理解。现在，需要进一步校核网络更上游的水文站点，从而使模拟对海湾和流域结果都更有用。当时几乎没有进行内部检查，或没有能力获悉这部分流程——随后对模型开展的同行评审把校核定为一个问题。采用 PEST（BMT WBM，2009 年）来校核模型，就意味着我们无法为了对土地利用类型变化建模而改

变特定参数（如不透水系数），因为它不再反映真实的物理参数。这显示了选择适合项目目标的校核过程的重要性。

为减少不确定性而考虑改进 PortsE2 模型的关键步骤包括：

- 验证/提高区域级的流量校核和验证，并为通过当地河网的流量演算留出适当的容差
- 根据流域中的更多水文站和上游的更多水文站来校核
- 酌情包括入流泥沙、营养物和其他污染物降解和转化过程的初步估计/速率
- 以当地现有的负荷监测数据，验证/提高污染物输出/水质校核和验证
- 鉴于上述情况，确保该模型仍能够产生基于土地利用情况的结果。

2.1.4 从模型中提取数据

至关重要的是开发一个用户友好型前端，从而使模型结果可以在运行过程中根据需要提取——或由内部建模人员在需要时手动生成结果。目前 PortsE2 模型还做不到这一点。通常需要不同格式的结果，但很难在一开始就预测到需要什么样的输出结果。生成的冗长表格以及多重地图和图表——它们中的很多，在很大的程度上实际工作中没有人会用到。除了开发该模型的顾问以外，墨尔本水务公司的人员无法简便地直接从模型中读取结果——从而使得人们难以以不同于报告生成的格式提取结果。

2.1.5 总结和关键经验教训

通常，PortsE2 模型能很好地为预期目标而设置。这是一个期望值很高的、复杂的大型模型。因为 E2 建模框架处于起步阶段，该模型出现了一些问题。在新的、改进的源流域建模框架中，现在这些问题中有许多已经得到了解决。其他的问题则与各机构代表间的流程、以及他们的不同期望有关。开发类似工具时，要牢记的要点包括：

- 确保在模型开发过程中，咨询了模型输入或输出的所有利益或利害攸关者，或确保他们参与其中。
- 确保在模型开发和采取措施过程中将所有的决定都形成清楚的文件，从而确保知识的传递。
- 在考虑管理应用之前，确保为评估结果、改进模型留出足够的时间。

3 模型的应用

本节讨论了如何应用 PortsE2 模型、其实现目标的效果、以及能够作出的改进。它侧重于项目过程中利用最多的“更好海湾和水道计划”所需的、特定类型的结果和方案。

3.1 模型的应用

该模型已经以多种方式应用。虽然本文没有报告，但这个模型的一个重要应用是作为一个插件用于海湾水动力模型。这个模型需要来自 PortsE2 的污染物日负荷数据，以显示菲利普海湾附近的营养物和泥沙运动形式。

PortsE2 模型能够以多种方式使用。公认的、最有用的输出是区域范围的结果；负荷源自哪里；哪个流域产生的负荷最高；在减少负荷方面，哪种最佳管理实践取得了最大效益。目标是一个复合域，其定义从受纳水体内可测量的资源条件目标（Resource Condition Targets, RCTs）到实施目标，目标可以较少以科学为基础。关于模型应用的成功与挑战，下面概述了一些讨论。

3.1.1 基于土地利用的负荷

在流域建模中，基于土地利用的负荷结果可能会非常有用——例如，与农村流域相比，城市流域贡献了多少负荷。这些类型的结果是项目初始即确定的目标，最后都纳入到最终的“更好海湾和水道计划”中。其中一个引人注目的统计数字是，虽然菲利普港的城市面积占流域面积的比例相对较小（19%），但却贡献了 49%~60% 的面源污染物负荷（即 TSS、TN 和 TP）。这是不透水表面（如道路和屋顶）致使暴雨径流大量增加的结果。

然而，这些结果的准确性受到了质疑。不确定性与较大的规模和混合土地利用校核有关。正如上节所讨论的，重要的是理解结果的不确定性，并试图建立最能满足报告需求的模型，从而实现这些结果。

按照更多的水文站校核、改进每种土地利用类型的水质参数、一个总模型的重建，也许可以帮助我们更好地估计基于土地利用的结果。鉴于这些结果被大量利用，重要的是从这些结果出发，妥善定义土地利用的类型。

土地利用图是利用几个数据源绘制的，包括州政府土地利用规划区数据、一个州道路数据库和一个州政府农村流域土地利用空间数据集。最初的模型显示来自道路的负荷异常高。随后的调查显示，道路的土地利用明细是不准确的。投入了大量的精力重新分析土地利用数据集，改善其分类。随后，将道路并入其他的城市土地用途，即住宅（包括道路）、工业（包括道路），因为当时道路数据的精确度不足以对其进行分离，或者没有适用的参数集。

最近，墨尔本水务公司项目已开发出一种方法，将红外（IR）波段高清航片用于不透透区域（如屋顶和道路）的自动测绘（Kunapo 2010 年）。现在，这个数据集覆盖了该地区，可能用于未来版本的模型。

3.1.2 报告基于流域的负荷

建立模型的目的是为了报告 10 年期的负荷情况——对于模型的最初目标来说已经足够了。还从雨量数据的分析中选择了典型的丰水年、枯水年和平水年。这提供了为一系列气候条件报告有代表性结果的简便途径。根据结果，人们发现平水年结果是最有用的。

时间序列负荷用得不是非常多。其部分原因是结果的不确定性较大。另外还有一些担心，这些结果会与作为早期重要的菲利普海湾研究一部分的、以前模型的负荷进行比较。它建立了一个法定的氮负荷削减目标（关于这个目标的进一步信息，请参见第 3.1.4 节）。

3.1.3 热点

通常认为“热点”就是单位面积产生污染负荷高的区域。它们常常会被看作是优先管理事项。然而，PortsE2 模型的结果显示，流域因素——如整个地区的雨量分布，产生了最明显的热点。同时，城市区域也是一个大热点。图 6 丰水年、干燥年份、平水年的总氮负荷生成率比较显示了这样的趋势：单位面积的高负荷发生在墨尔本东部的很多城区和许多农业流域——这些地区的降雨量比西部地区高。

由于更好海湾和水道计划（BBW）的级别相当高，没有对这些热点区域开展进一步的分析。这些观察所引起的高层次行动锁定了实施各种水敏感性城市设计类型行动的城区——从地方政府的能力建设到正在进行的地区暴雨质量湿地的建设。

同样，整个地区的农村土地管理也成为最终计划的优先事项，因为人们认为农村土地管理在通过更好的农业实践降低这些流域的负荷中具备成本效益。已经制定了农村土地方案，但是，它仍然处于起步阶段。由于它是一个试点，所以先选择了两个流域采取实际行动。除其他标准以外，试验流域的选择基于建模的高负荷生成要素。故这些流域都在东部，那里的降雨倾向于导致更高的负荷。

可能已经对单位面积的负荷进行了进一步分析，但是不可能给出高水平的计划和时间表。经常强调的热点是地方污水处理厂以及细耕农业。这些可能都已具体确定，并展开了进一步分析。鉴于这是模型应用的一个很有价值的部分，这个领域肯定已经得到了更多的关注。

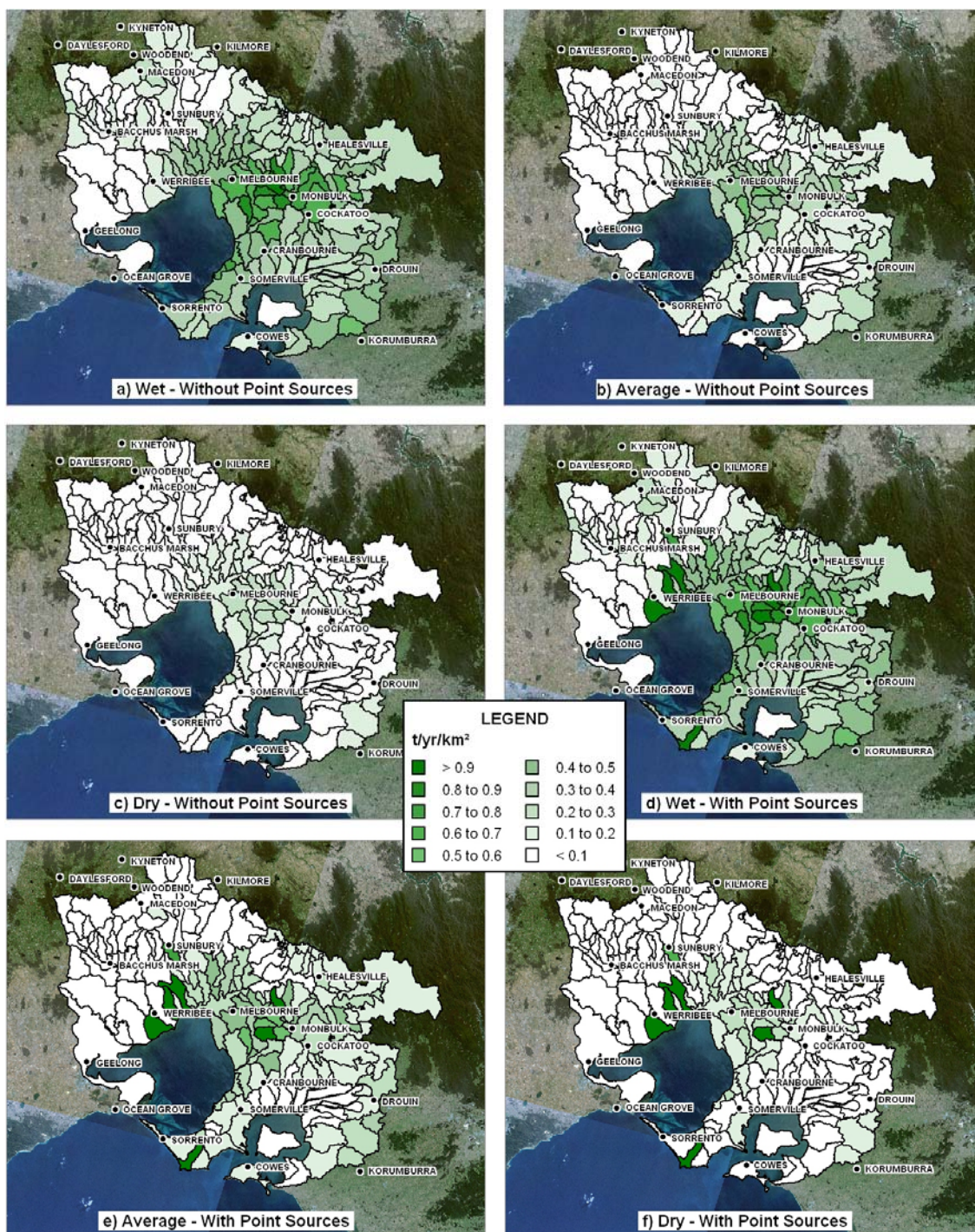


图 6 丰水年、干燥年份、平水年的总氮负荷生成率比较

a) 丰水年，无点源；b) 平水年，无点源；c) 枯水年，无点源；d) 丰水年，有点源；e) 平水年，有点源；f) 枯水年，有点源。

图例单位：吨/年/平方公里

3.1.4 目标

基于 20 世纪 90 年代菲利浦海湾的一项大型研究（1996 年菲利浦海湾环境研究——最终报告：澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）），维多利亚州政府引入了氮减排目标。这个目标基于对海湾氮处理能力的评估，因此被认为是可持续的输入。设定了到 2006 年在 1996 年的基础上减少 1000 吨的目标，并纳入到菲利浦海湾环境管理计划之中。大家期望 PortsE2 模型将能够评估目标的实现进程、以及是否已经实现。还有人期望 PortsE2 会有助于设定新的目标、用于跟踪管理措施和目标的实现情况。在实施的过程中越来越明显，模型将无法实现所有这些目标。

设定目标是一个复杂的领域，需要比只是为负荷建模更多的信息。重要的是，在过程的早期就能确定是否有一个工具能够帮助设定目标、理解所涉的过程。必须正确理解模型的输出及其不确定性。为了设定适当的目标，政策制定者和决策者必须清醒地认识到模型的不确定性和这些不确定性的范围。各级政府可能有不同的期望，对水质流程也缺乏科学认识。

最后人们认识到，在评估 1000 吨氮减排法定目标的合规性中，使用 PortsE2 的结果尚不合适。该评估用墨尔本水务公司的实际负荷监测方案以及一个经过协商的统计分析会更加合适。尽管对注入海湾的一些河流进行了几年的监测，但墨尔本的 10 年干旱导致雨水太少，无法将目前的负荷与 1996 年的基础值进行比较，也就无法确定目标是否已经达到。

尽管不能确定减少 1000 吨的目标是否已经实现，但是 PortsE2 在探索未来的土地利用和管理方案方面已经被证明是非常有用的（见下文的实例研究）。

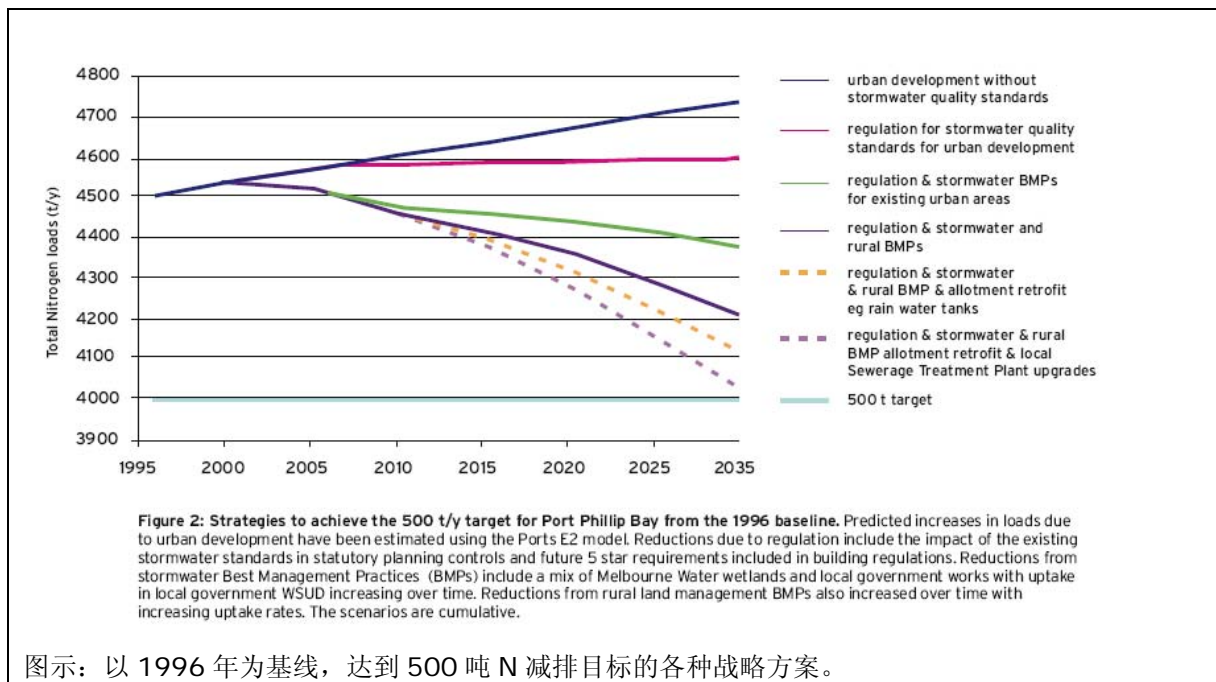
实例研究

简单的图示，有力的信息

借下面的简单图表，说明墨尔本水务公司未来投资于水质改善计划的业务实例，诸如与地方政府开展的能力建设计划、调控城市发展的宣传。该图清楚地表明，如果没有任何干预，城市发展将导致负荷的持续增加。因此，为了实现 500 吨的流域目标，需要一系列的管理方案。

重要的是，这类信息要简单明了，从而让首席执行官、常务董事和政治家们都能够轻松理解这些信息。对于确定正确的方案组合，成本和成本效益是非常重要的。显示采取不同管理方案的支持图表也会很有用。

（关于这些不同方案的建模方式，请参见下面几节）。



图示：以 1996 年为基线，达到 500 吨 N 减排目标的各种战略方案。

3.1.5 点源

点源（即污水处理厂的负荷）被认为对海湾的威胁不大；主要是因为它们已经得到管制和控制。许多向水道排放的污水处理厂在 20 世纪 70 年代就已经退役，现在还有两个较大的污水处理厂（向菲利普海湾或巴斯海峡排放）在运行。最大的污水处理厂（西部处理厂）已经升级，将负荷降至要求的水平以下，并考虑了未来的增长。但是，还应该可以在流域的特定基础上展开进一步的分析，以评估剩余的、小一些的地方污水处理厂。虽然，模型中的大多数点源来自污水处理厂，但通过考虑某些排水沟作为潜在点源来改进点源输入也是有可能的。目前，高度污染的下水道还没有受到重视——因为流域内功能单元反映的是大面积水质参数模型。

3.1.6 土地利用变化方案

PortsE2 模型在揭示城市发展所致负荷上升的重要性方面，一直非常有效。但是，建立模型来运行这样的方案的重要性变得越来越明显了。刚开始，只有绿地开发（从耕地变为城市用地）引起了人们的重视——而忽视了来自巩固和发展现有城区（空地开发）的潜在重要负荷增长。因为 PortsE2 无法包含所需的输入，所以用 MUSIC 对空地开发进行了一项单独评估，MUSIC 是一个不同的 eWater CRC 建模工具。

更好的数据以及对建模方法的更深入理解正在引导大家更好地预测未来的发展影响。现在随着时间推移而发生的变化，可能会为开发模式建立模型；例如 2030 年和 2060 年的模型。其数据来自州政府的空间规划数据。城市成长边界（UGB）定义了城市发展的可能区域。各种空间数据集也概述了特定地块的分区，例如土地是否可开发为工业、商业或住宅用地。重要的是，要咨询规划部门和其他州政府部门（如 DPI（初级产业部）和 DPC（开发实践委员会）），以告知土地利用变更方案。

PortsE2 模型实质上是将功能单元（土地利用类型）从农村转向城市，再应用相关的参数集。不透水表面比例的变化通常就是导致径流从农村到城市发生变化的因素，另外不同的水质参数也是导致径流变化的因素。重要的是，要确保此参数反映了实际的物理不透水表面的比例（而不是仅仅作为校核变量来处理），从而使上述方案可以正确地建模。这已经成为整个 PortsE2 项目吸取的主要经验教训了。

3.1.7 处理措施方案

在 PortsE2 中采取的管理方案是为了下列项目而订立：

- 区域的湿地建设
- 分布式水敏感型城市设计（WSUD），例如：街景规模
- 配发（家庭）规模的雨水罐和雨水花园
- 农村最佳管理实践（BMP）。

许多因素共同导致模型内的各种管理方案采用了一个相当简单的方法。这些因素包括：

- PortsE2 以日为时间步长——许多水质处理措施，如湿地、雨水收集罐和滤土带，则要求小于日的时间步长。
- 集中式模型难以评估物理化学过程，因此，许多农村最佳管理实践(BMP)，如施肥或跟踪管理，不能进行离散建模。
- 这些方案适用于所有相关的流域和土地利用，而不是选定流域，因此，其结果主要是在一个区域范围内对各个处理系统的效益进行比较。

每个方案最终采用了几种不同、但相当简单的方法，所有这些方案都要求未来做进一步的完善（各方案的具体假设，详见 WBM, 2007）。

对于农村最佳管理实践（例如水道围堤、肥料管理）变量的建模，感觉最合适的方法应当是在模型中应用百分比减少过滤器。这些百分比的递减，均基于对这些不同措施降低污染负荷之有效性的研究发现。最后的降低值还不得不纳入一个假定的实施比例，即有多少土地所有者会愿意实施这些行动。

虽然源流域建模框架有能力“插入”MUSIC 建模算法，但对于其当前用途，仍存在一定的局限性。城市 WSUD 方案首先在 MUSIC 中建模，作为结果输出的水质浓度用于 PortsE2 方案。在建立该方案时，做了很多的假设，现阶段有必要对这些假设认真加以考虑。其结果将为这种管理干预能够多有效提供一个指导性意见，但不确定性非常大。

结果分析是相当有限的，因此在最终计划中没怎么用它，或没有依靠它。通常，区域数字是用来显示各种措施的潜力、对其进行相互比较的。对处理方案进行比较时，成本效益分析至关重要。作为 WQIP（MW 和 EPA, 2009）的一部分，开展了一项经济研究，但是该处理模型充满了无数的假设

和由此造成的不确定性。总体而言，它显示了一个趋势：农村的最佳管理实践还是比城市 WSUD 便宜。

在建模过程中的一个疏忽是忽略了墨尔本水务公司的河滩地管理方案，其中包括恢复沿岸植被以及禁止在水道堆放物品。对于未来，我们的建议是对这个强化方案的水质效益进行量化。

尽管在对各种管理方案进行建模的过程中，存在着许多挑战，但后者对于规划水质投资是非常有用的、必要的。这是一个不断发展的领域，假设和建模能力都在逐步提高之中。

4 墨尔本水务公司和未来的建模

本节概述了墨尔本水务公司关于源流域建模方面的以下步骤。

4.1 未来的建模

自从完成了更好海湾和水道计划（BBW），墨尔本水务公司已启动了几个源流域模型，还建立了一个业务，聘请了一个内部建模人员。这个岗位的部分资金由 eWater CRC 和墨尔本水务公司内的 2 个小组提供。

现在正在用源流域建模框架开发一个雨水量化工具，以协助墨尔本水务公司完成这些项目。该模型采用了 Ports E2 的基础数据，并按其特定需要定制。

源流域也用在 eWater 应用项目的开发中。通过利用从 Ports E2 模型学到的一些经验，该应用项目的重点是重新校核亚拉河流域。它被用来为各种径流方案建立模型并加以评估，并以源流域的输出作为溶解氧模型的输入。

建议在未来的 12 个月内，在源流域框架内重建 Ports E2。设想在未来的几年中，需要有新的模拟和方案用于战略规划的目的。此外，目前环保署正在寻求模型更新，以与港口菲利普海湾的水动力模型相链接。

设想将根据 E2 模型的经验教训升级模型，包括：

- 使用最佳可用数据重新校核该模型，并确保其在最适合的范围内校核
- 功能单元审查，尤其是包括模拟不同城市土地利用密度的能力
- 水质参数审查

必须重新审视未来的土地利用和最佳管理实践方案。这需要审查各种方法和基础数据，以改进先前模型的准确性。

5 参考文献

- Argent R. M. (2006). PortsE2: A Decision Support System for Water Quality Improvement in Port Phillip and Western Port. CEAH Report 01/06.
- Black, D., Wallbrink, P., Jordan, P., Waters, D., Carroll, C., Blackmore, J. (2011) Guidelines for water management modelling: Towards best practice model application. © eWater Cooperative Research Centre 2011. ISBN: 978-1-921543-46-3
- BMT WBM (2009). PortsE2 Model Calibration and Extension Project: Draft Report. BMT WBM. Brisbane.
- Kunapor (2011). Directly Connected Impervious Data Compilation for Melbourne Water Selected Catchments.
- MW and EPA (2009), Better Bays and Waterways: A Water Quality Improvement Plan for Port Phillip Bay and Western Port. ISBN Print 978-1-921603-41-9, ISBN Web 978-1-921603-42-6, Melbourne Water Corporation and Environment Protection Authority Victoria, August 2009, Melbourne, Australia.
- WBM (2007). Port Philip Bay and Westernport 'PortsE2' Model Application and Assessment Project - Scenario Assessments, WBM, Brisbane