



城市水管理的成功模式：新加坡的启示

摘要

新加坡是个城市国家，面积 680 平方公里，人口 400 万，工业、商业和金融服务业很发达。作为一个高度城市化但没有自然资源的国家，新加坡面临着严重的水资源短缺问题。它的需水量大约为每日 1.4 亿立方米，但国内资源只能满足 50%。水资源管理对于国家经济发展和公众社会生活十分重要，成为了一个战略性的重要问题。

作为一个缺水的城市国家，新加坡在水管理方面已经取得了显著的进展。新加坡建立了世界级的城市卫生基础设施。与水有关的机构承担所有水事务的综合性职责，并制订国家水资源发展战略，制订清晰的任务和时间表，并得到了政府的强力支持。土地规划与水资源利用的结合使得水污染控制和城市集水区管理的效率有了很大提高，确保了高的水质，并使集水区面积逐步扩大。废水回用和海水淡化扩大了水资源范围。更多的私人投资者加入到水设施商业活动中，进一步改善了投资效率，促进了地方水工业的发展。

新加坡的许多经验可以为中国所借鉴。特别值得关注的有以下几个方面：

(1) 形成了一个完整的“确保持续的清洁水供应”的政策体系。并通过污水处理后的回用、海水淡化、增大集水区等手段，来实现水源多样化。

(2) 通过机构改革，将所有与水有关的行政部门整合起来，使得行政管理的效率大大提高。特别是将水资源和水环境两个问题的管理协调起来，新的公共事业局的责任除水资源管理和供水外，还扩展到包括废水处理和回用、洪水控制和废水系统等领域。这样的综合性水管理机构使得行政管理效率大大提高。

(3) 形成了一个非常全面的环境法律体系，而且特别强调法律的严格实施。大的方面包括水资源管理、水污染防治，小的方面包括节水龙头、马桶节水，都有具体的规范，取得了非常好的效果。

本文为世界银行中国水战略研究项目“解决中国水稀缺问题：从研究到行动”的国际经验系列报告之一。由北京大学王学军教授根据原英文报告（*Dealing with Water Scarcity in Singapore: Institutions, Strategies, and Enforcement*）编写。

有关世界银行中国水战略研究项目的信息和其它报告，请与世界银行谢剑博士联系，电邮：jxie@worldbank.org，传真：202-522-1666；或访问项目网站 <http://www.worldbank.org/eapenvironment/ChinaWaterAAA>。

(4) 将水资源管理与综合土地规划结合起来，二者的结合使得水资源的管理更具有可操作性，特别是在集水区管理方面。

(5) 实施了广泛的经济手段，如阶梯水费、鼓励使用再生水的收费体系、节水减免税、超标排污罚款、鼓励私人投资等，都发挥了非常好的效果。

(6) 加强对公众环境和水资源意识的培养。特别值得注意的是，在强化了公众意识后，采取严格执法来具体落实相关的法律法规，因而效果十分显著。

(7) 此外，新加坡还在技术上加大研发和投入力度，比如在海水淡化、污水截流和净化、水库联调等方面，都取得了良好的效果。

1. 前言

新加坡是个城市国家，面积 680 平方公里，人口 400 万，工业、商业和金融服务业很发达。作为一个高度城市化但没有自然资源的国家，新加坡面临着严重的水资源短缺问题。它现在的需水量大约为每日 1.4 百万立方米，但国内资源只能满足 50% (Baumgarten, 1998)。水资源管理对于国家经济发展和公众社会生活十分重要，成为了一个战略性的重要问题。

从上世纪 80 年代到 90 年代，新加坡在以下方面进行了不懈努力：(1) 建立与环境和水有关的法律体系；(2) 根据土地规划来实施污染控制、河流减污和工业区的建立；(3) 建设了一个世界级的城市卫生系统，包括水和废水网络，以及污水处理厂，覆盖了整个岛屿。有了这些手段和积极的实施，新加坡赢得了“花园城市国家”的称号。

自上世纪90年代后期直到现在，新加坡政府将“持续水供给”作为水战略的主要目标，并启动了一些项目和行动。现在，新加坡在水资源管理方面已经取得了显著的进展。现在，它的城市集水区占了全岛大约50%的区域，到2006年末，回用的污水占水供应的大约12%。此外还正在实施另外几个雄心勃勃的计划。

新加坡在水管理方面的成就在世界上也是走在前面的，它的经验对许多面临着水质和水量威胁的城市和国家都有借鉴意义。本报告从水政策、法规、实施和取得的成就几个方面介绍了新加坡的经验，希望对我国的水管理提供一些有价值的参考。

2. 国家水资源战略

正如新加坡 2012 年绿色计划所强调的(MOEWR, 2006)，“确保持续的清洁水供应”是新加坡水政策的核心。

环境和水资源部进一步定义了持续性的核心战略(MOEWR, 2005):

- 增强供水水源的健全性和恢复力
- 形成有效的水需求管理战略

- 建立一个有活力的水产业
- 鼓励更大程度的私有部门参与
- 研究和探索替代政策、技术和战略，以确保长期水供应的可持续性

新加坡正在通过它的四个“国家水龙头”战略来争取实现水源多样化(MOEWR, 2006)。第一个龙头是来自地方集水区的供水，这包括一个综合的水库系统，以及一个广泛的排水系统，以将雨水引入水库；第二个龙头是从马来西亚的柔佛（Johor）地区进口水，以补充新加坡的需求；第三个龙头叫做“新生水”，即污水净化，通过二级处理后的污水再经过进一步的净化得到饮用水质量的水；第四个龙头是海水淡化。增加第一、三、四个龙头的比重是新加坡的目标和面临的挑战。

3. 机构改革

新加坡水资源管理的一个关键成分是通过进行机构改革，整合所有与水有关的行政部门。在过去，供水和污水处理是分别由不同的机构来管理的。公共事业局（The Public Utilities Board, PUB）负责水资源管理和供水；环境部负责废水处理和废水系统。为实施一个综合的水资源管理战略，2002年7月1日成立了环境和水资源部（代替了前面的环境局）。公共事业局成为环境和水资源部的一部分。新的公共事业局的责任除水资源管理和供水外，还扩展到包括废水处理和回用、洪水控制和废水系统等领域，现在，公共事业局是负责与水有关事务的最主要管理机构。这个新机构进行综合的水管理。

4. 相关的法规建设

新加坡有一个非常全面的环境法律法规体系，并得以严格地执行。这些法规条例明确规定，在新加坡，水是公共财产，政府通过行政和法规手段对水问题的公众利益进行干预。

与水资源联系紧密的法规或条例包括如下(RIET, 2004)。

- 环境污染控制法（2002）。这个法针对排放到废水处理设施和水道的液体物质，建立了污染物限值，具体指标包括温度、BOD、COD、总悬浮固体、总溶解固体、pH值和28种不同化学品。
- 环境公共健康（有毒工业废物）条例。它列出了一些有毒工业废物，这些废物受到特别的法律控制。
- 废水和排水系统法（2001）。它指定公共事业局负责与排水系统有关的事务。
- 公共设施法（2002）。它规定了公共事业局的职责。
- 公共设施（供水）条例。它要求在新加坡强制使用水表和节水器具。规定“除非得到供水委员会的同意，不使用水表不得供水”。
- 公共设施（中心集水区和集水区公园）条例。它规定对于“从任何水库和河流取水”必须获得事先批准。

5. 土地规划与水资源管理

综合水资源管理与土地规划紧密联系是新加坡水管理的特点。新加坡土地管理机构法（2002）提供了协调水资源管理与土地规划的法律基础。城市再发展管理局在国家计划和工业开发（水资源是一个重要因素）中扮演着一个领导而且活跃的角色。

除了城市再发展管理机构，其他有关的政府机构也参与水的管理。比如，新加坡实施的集水区规划和管理，就是通过与其他政府机构，诸如城市再发展管理机构、住房和发展署、国家环保局、土地运输管理机构等一起实施的，其中城市公用设施局起着主要作用。这种规划的重要特点是：（a）在集水区不能建设有污染的项目，主要指工业；（b）重新设计住房和发展署的垃圾收集中心，减少垃圾的污染；（c）严格实施污染控制法规；（d）将分散的雨水收集系统和池塘等连接成一个网络体系（Lim, 2005）。

6. 经济政策与手段

在与水有关的基础设施方面，新加坡进行了巨大的公共投资，包括升级旧的设施、建设新的设施等。现在，水收集和废水处理设施覆盖了几乎整个岛屿。饮用水能够满足国际标准，6个废水处理厂处理着所有的城市和工业污水。

（1）水费系统

加强对需求的管理是通过很多经济手段实现的，目的是减少水的消费。新加坡采纳了一个梯级水费结构（详见表1）。对于民用水，用水量每月1至40立方米时，水费为每立方米1.17新元。当用水量超过每月40立方米时，水费增加到每立方米1.40新元。为强化水的保护，政府还征收一个水保护税。对民用水，用水量小于40立方米为30%的水费，多于40立方米为45%。卫生装置费（每月每户3新元）和污水处理费由公共设施署根据卫生设施和水费条例征收，以支付一部分废水处理成本，以及维持和改善公共污水处理系统。为鼓励水的重复利用，水保护税不与新生水和工业回用水挂钩，其水费也优惠（表2）。

表 1: 新加坡的水费

水费类型	消费量 (立方米/月)	水费 (新元/立方米)	水保护税 (水费的百分比)	污水处理费 (新元/立方米)	卫生装置费
民用	1 到 40	1.17	30	0.30	每个月每个设施 3 新元
	高于 40	1.40	45	0.30	
非民用	所有情况	1.17	30	0.60	
运输	所有情况	1.92	30	-	-

表 2: 新生水和工业水费

水费类型	消费量 (立方米/月)	水费 (新元/立方米)	水保护税 (水费的百分比)	污水处理费 (新元/立方米)
新生水	所有情况	1.15	-	-
工业水	所有情况	0.43	-	-

针对水循环和节水项目的一些税收激励机制由经济发展署、贸易发展署和财政部根据经济扩张激励法和所得税法实施(RIET, 2004)。根据一个特定的百分比（不超过 100%）的固定资本花费（特指可减少用水的项目）对一部分收入实施免税(Baumgarten, 1998)。

（2）惩罚

新加坡常常用罚款来实施其法规手段。对于水污染，第一次超标排放的最大罚款是5万新元，第二次和更多的超标则是每次10万新元(RIET, 2004)。

（3）私人投资

为取得更有效的投资效果和促进地方水工业发展，鼓励私人参与城市卫生基础设施建设已经成为新加坡政府的政策。通过“设计—建造—移交（BOT）”概念，已经移交了两个新生水工厂。为促进私营部门的革新以及强化设计和建设过程的一致性，第三个新生水工厂是由一个地方承包商来设计和建造的。根据协议，这个公司将设计、建造并拥有这个新生水工厂，之后自己运行，并卖新生水和工业水给公共设施局。在2003年，公共设施局批准了一个每天可提供13.638万立方米海水淡化水的合同，这个合同给了另一个当地私人公司，也是设计—建造—拥有—运营模式的(Koh等, 2005)。

7. 公共意识

对于环境的公共意识，尤其是水资源的公共意识，在新加坡是通过三个主要的方面来开展的：“让新加坡清洁”特别运动、教育体系和“清洁和绿色周”。“让新加坡清洁”运动侧重于形成公众对环境和水问题的认知。通常，在这类活动中要介绍环境或公共健康法律，在让公众了解了之后，要有严格的实施措施。学校是环境信息的重要传播体，因此教育体系发挥着重要作用。第三个是“清洁和绿色周”，自1990年起，新加坡每年举行不同主题的清洁和绿色周(Leitmann, 2000)。

8. 主要的成就和新目标

近年来，新加坡在从三个国家水龙头（即国内集水区、新生水和海水淡化）获得更多水资源方面已经取得了显著的进展。这里介绍集水区管理、水回用和新技术的应用。

8.1 集水区管理和面积扩大

集水区保护是确保水库水质的最关键因素，尤其是因为新加坡的大多数集水区都是在城市区域。由于各部门在集水区的土地规划方面的紧密协调，并实施了严格的防治污染措施，以及采取了不少其他措施，如在水库周边建立绿化带等，今天，集水区已经占了全新加坡土地的50%左右。新加坡还实施了一个独特的计划，以实施城市雨水径流的收集工作。与大型森林集水区相比，从这些城市集水区收集的原水的重金属含量很

低，大肠杆菌含量也很低(Lee et al., 1996; Lim, 2005)。

(1) 集水区范围的扩大

除了管理现有的集水区，在新加坡有限的土地上扩大集水区是另一个重要手段。一个重要的地方供水计划是马里那 (Marina) 集水区的防海水倒灌计划(Tan, 2004)，期望通过这个计划，供水可增加10%，并可使集水区从现在的占土地面积50%增加到三分之二。

(2) 集水区调水计划

通过这个项目，正在将各个集水区内的水库通过管道连接起来。目的是最大化存储能力。以前，各水库之间不能联合调度，当其他水库的存储能力还没有完全利用时，某个水库的水可能因为过多而不得不排到海里。新的连接管道可以将某个水库过量的水输送到另一个水库，因此可增加总的水量。

8.2 从非传统水源增加供水

(1) 新生水 (污水净化) 项目

公共设施局自 1998 年开始试验新生水生产。现在，有三个新生水厂，总共生产能力为每天 9.6 万立方米。在 2006 年底，另一个最大的新生水厂在新加坡将完工，生产能力为每天 11.6 万立方米。到那时，总能力将达到每天新生水 20 万立方米，大约占每天供水的 13%。处理过的废水变成了一个新的水源，进行循环利用。新加坡的新生水应用于非饮用水的比例在世界上是最大的，是水回用的一个里程碑。到 2011 年，目标是提供每日 25 万立方米的新生水，用于直接的非饮用水使用，占新加坡水供应的 15%。

现在，新生水主要被直接供应给一些晶片工厂使用。少量的新生水，大约每天1.8万立方米，被注入水库，用于规划的非直接饮用水使用。进入水库的数量预计可在2011年逐步增加到每日4.5万立方米。

为增强公众对新生水的了解，公共设施局启动了一个强度很大的公共教育计划。做了不少广告、展板、小册子，还有一些展览和介绍，以让公众了解新生水信息。新生水参观者中心也自2003年2月对公众开放，让他们了解膜技术和紫外消毒在新生水生产中的应用。

(2) 海水淡化

第一个海水淡化厂使用反渗透技术，每天生产 13.638 万立方米淡水。这个海水淡化厂是本地区最早的海水淡化厂之一，也是最大的海水淡化厂。

8.3 技术进步

(1) 节水

在全岛严格实施 100% 安装水表以及安装节水设备（诸如节水马桶和自来水龙头）等方面的法规，还实施了水审计，以确保水的高效利用。此外还通过一个修复计划减少水的渗漏，渗漏率从原先的 11.2% 降到 6.2%，是世界最低的(Ng 等, 1997)。

(2) 膜技术

膜技术已经在一些水厂应用。在完成了试验规模的实验后，一个生产回用水的示范性全尺度膜生物反应器项目正在建设之中，它的设计能力是每天 2.3 万立方米，是亚洲目前最大的。

(3) 深沟废水处理系统

这个系统包括两个贯串全岛的地下管道和两个新的大型污水处理厂，两个处理厂分别位于岛的东部和西部。这个地下管道将从现有的废水系统和沟渠中截留废水，输入污水处理厂。这个厂的出水将通过排放管道，排放到新加坡海峡。当这个系统完成后，它将代替现有的废水处理设施（污水处理厂和泵站）。地下管道废水系统的第一期将处理每天 80 万立方米的污水，预计 2008 年完成。最终可能扩充到每天 2.4 百万立方米(Nicholson 等, 2005)。

8.4 新目标

新加坡建立了到 2012 年的水管理新目标(MOEW, 2006):

- 到 2009 年，将新加坡岛地表的汇水面积从 50% 增加到 67%。
- 增加非传统水源的水供应，例如海水淡化以及水回用，至少要达到水需求的 25%。
- 确保水质继续满足国际标准。
- 到 2012 年，将人均水消费减少到每日 155 升。
- 加强政府、私营部门和公众的合作，增加对水资源保护的理解，共享水资源。

此外，政府认识到公众和工业界在水管理中的重要性。公共设施署正在进行一些努力，以把公众、政府和私营部门纳入到水资源管理范畴中来。

9. 结论和对中国的启示

9.1 基本结论

作为一个缺水的城市国家，新加坡在水管理方面已经取得了显著的进展。新加坡建立了世界级的城市污水处理和卫生系统。公共事业局承担所有与水有关的综合管理职能，并制订国家水资源发展战略，制订清晰的、有强力政治支持的工作任务和时间表。

土地规划与水资源利用的结合使得水污染控制和城市集水区管理的效率有了很大提高，确保了高的水质，以及使集水区面积逐步扩大。废水回用和海水淡化扩大了水资源范围。更多的私人投资者加入到水设施商业活动中，进一步改善了投资效率，促进了地方水工业的发展。

9.2 新加坡经验对中国的启示

作为一个高度城市化但没有自然资源的城市国家，新加坡面临着严重的水资源短缺问题，它的国内资源只能满足需求的 50%。但是，通过各方面的努力，新加坡在水资源保护、多渠道供水等方面取得了显著的成功，许多经验可以为中国所借鉴。特别值得关注的有以下几个方面：

(1) 形成了一个完整的“确保持续的清洁水供应”的政策体系。并通过污水处理后的回用、海水淡化、增大集水区等手段，来实现水源多样化。

(2) 通过机构改革，将所有与水有关的行政部门整合起来，使得行政管理的效率大大提高。特别是将水资源和水环境两个问题的管理协调起来，新的公共事业局的责任除水资源管理和供水外，还扩展到包括废水处理和回用、洪水控制和废水系统等领域。这样的综合性水管理机构使得行政管理效率大大提高。

(3) 形成了一个非常全面的环境法律体系，而且特别强调法律的严格实施。大的方面包括水资源管理、水污染防治，小的方面包括节水龙头、马桶节水，都有具体的规范，取得了非常好的效果。

(4) 将水资源管理与综合土地规划结合起来，二者的结合使得水资源的管理更具有可操作性，特别是在集水区管理方面。

(5) 实施了广泛的经济手段，如阶梯水费、鼓励使用回用水的收费体系、节水减免税、超标排污罚款、鼓励私人投资等，都发挥了非常好的效果。

(6) 加强对公众环境和水资源意识的培养。特别值得注意的是，在强化了公众意识后，采取严格执法来具体落实相关的法律法规，因而效果十分显著。

(7) 此外，新加坡还在技术上加大研发和投入力度，比如在海水淡化、污水截流和净化、水库联调等方面，都取得了良好的效果。

参考文献

Baumgarten B. (1998) The Singapore Environmental Market: Asia's Hub, RIET and the Strategist, Singapore.

Koh S. T and Ong H. H. (2005) Ulu Pandan NEWater - Design Build Own and Operate (DBOO) Project, 1st IWA-ASPIRE (Asia Pacific Regional Group) Conference, July 10-15, 2005, Singapore.

Lee M. F. and Nazarudeen H. (1996) Collection of Urban Stormwater for Potable Water Supply in Singapore. Water Quality International, June, 1996, London.

Leitmann J. (2000) Integrating the Environment in Urban Development: Singapore as a Model of Good Practice, Working Paper Series No.7, the World Bank. Washington DC.

Lim C. H. (2005) Urban Stormwater Collection Systems for Potable Use, 1st IWA-ASPIRE (Asia Pacific Regional Group) Conference, July 10-15, 2005, Singapore.

Ng K. H. and Foo Y. K. (1997) Unaccounted-for Water: Singapore's Experience. J. Water SRT-Aqua. 46(5), pp: 242-251.

Nicholson G. A., Tan N. C. and Tan C. H. (2005) Changi Water Reclamation Plant --- Overview and Implementation, 1st IWA-ASPIRE (Asia Pacific Regional Group) Conference, July 10-15, 2005, Singapore.

MOEWR (2005) Water Strategy in Singapore, (<http://www.pub.gov.sg>).

MOEWR (2006) The Singapore Green Plan 2012, 2006 edition, (<http://www.pub.gov.sg>).

RIET (2004) Handbook on Singapore Environmental Laws, Singapore.

PUB (2004) Annual Report, ([https://www.pub.gov.sg/annualreport2004/download/financial statements.pdf](https://www.pub.gov.sg/annualreport2004/download/financial%20statements.pdf)).

Tan Gee Paw (2004) After the NEWater, There are New Challenges, in: PUB Annual Report 2004, (http://www.pub.gov.sg/annualreport2004/Future_NewChallenge.html).

免责声明 Disclaimer

本文中的阐述、发现和结论仅代表作者的观点,并不反映世界银行和其它相关机构的观点,也不反映世界银行执行董事会和他们所代表的政府的观点。