

International Journal of WATER RESOURCES DEVELOPMENT

Subscription Information:

International Journal of Water Resources Development is a peer-reviewed journal, published four times a year (in March, June, September and December) by Routledge Journals, an imprint of Taylor & Francis, an Informa business, 4 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxfordshire OX14 4RN, UK.

Annual Subscription, Volume 22, 2006

Institution	\$916	£554
Online only	\$870	£526
Individual	\$159	£97

A subscription to the institution print edition, ISSN 0790-0627, includes free access for any number of concurrent users across a local area network to the online edition, ISSN 1360-0648.

Dollar rates apply to subscribers in all countries except the UK and the Republic of Ireland where the pound sterling price applies. All subscriptions are payable in advance and all rates include postage. Journals are sent by air to the USA, Canada, Mexico, India, Japan and Australia. Subscriptions are entered on an annual basis, i.e. January to December. Payment may be made by sterling cheque, dollar cheque, international money order, National Giro, or credit card (Amex, Visa, Mastercard).

For more information, visit our website: <http://www.tandf.co.uk/journals>

For a complete and up-to-date guide to Taylor & Francis journals and books publishing programmes, and details of advertising in our journals, visit our website: <http://www.tandf.co.uk>

U.S. MAILING NOTICE: *International Journal of Water Resources Development* (USPS permit number 020 878) is published quarterly in March, June, September and December. The 2006 US institutional subscription price is \$916. Periodicals postage paid at Jamaica, NY by US Mailing Agent Air Business Ltd, c/o Priority Airfreight NY Ltd, 147-29 182nd Street, Jamaica, NY 11413. **US Postmaster:** Please send address changes to CIJW, Air Business Ltd, c/o Priority Airfreight NY Ltd, 147-29 182nd Street, Jamaica, NY 11413.

Ordering information:

USA/Canada: Routledge Journals, Taylor & Francis Inc., 325 Chestnut Street, 8th Floor, Philadelphia, PA 19106, USA. **UK/Europe/Rest of World:** Routledge Journals, Taylor & Francis, Rankine Road, Basingstoke, Hampshire RG24 8PR, UK.

The print edition of this journal is typeset by Alden Press, and printed by Bell & Bain, Thornliebank, Glasgow, UK. The on-line edition of this journal is hosted by Metapress.

Copyright © 2006 Taylor & Francis. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored, transmitted, or disseminated, in any form, or by any means, without prior written permission from Taylor & Francis, to whom all requests to reproduce copyright material should be directed, in writing.

Taylor & Francis grants authorization for individuals to photocopy copyright material for private research use, on the sole basis that requests for such use are referred directly to the requestor's local Reproduction Rights Organization (RRO). The copyright fee is \$20 exclusive of any charge or fee levied. In order to contact your local RRO, please contact International Federation of Reproduction Rights Organizations (IFRRO), rue du Prince Royal, 87, B-1050 Brussels, Belgium; e-mail: IPPRO@skynet.be; Copyright Clearance Center Inc., 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA; e-mail: info@copyright.com; Copyright Licensing Agency, 90 Tottenham Court Road, London W1P 0LP, UK; e-mail: cla@cla.co.uk. This authorization does not extend to any other kind of copying, by any means, in any form, and for any purpose other than private research use.

Taylor & Francis makes every effort to ensure the accuracy of all the information (the "Content") contained in its publications. However, Taylor & Francis and its agents and licensors make no representations or warranties whatsoever as to the accuracy, completeness or suitability for any purpose of the Content and disclaim all such representations and warranties whether express or implied to the maximum extent permitted by law. Any views expressed in this publication are the views of the authors and are not the views of Taylor & Francis.

 **Routledge**
Taylor & Francis Group

国际水源发展学报

水资源开发

新加坡水务管理

Reprinted from Volume 22, Number, 2, pp. 227-240, June 2006

Cecilia Tortajada
第三世界水管理中心
Atizapan, 墨西哥



总编辑: **Asit K. Biswas**

编辑: **Cecilia Tortajada**

第三世界水管理中心
墨西哥

 **Routledge**
Taylor & Francis Group
ISSN 0790-0627

International Journal of WATER RESOURCES DEVELOPMENT

CHIEF EDITOR

Asit K. Biswas

EDITOR

Cecilia Tortajada

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Professor Walid A. Abderrahman, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Saudi Arabia
 Dr Mahmoud Abu-Zeid, Minister of Water Resources and Irrigation, Cairo, Egypt
 Professor Dogan Altinbilek, Middle East Technical University, Ankara, Turkey
 Professor Benedito P. F. Braga, University of Sao Paulo, Brazil
 Professor Antonio Embid, University of Zaragoza, Spain
 Professor M. Falkenmark, Stockholm International Water Institute, Stockholm, Sweden
 Professor Chennat Gopalakrishnan, University of Hawaii, Hawaii, USA
 Alexandra Pres, InWEnt, Berlin Germany
 Diego Rodríguez, Inter-American Development Bank, Washington, DC, USA
 Dr A. M. Shady, Canadian International Development Agency, Hull, Canada
 Professor Yutaka Takahasi, Professor Emeritus, University of Tokyo, Tokyo, Japan
 Dr Anthony Turton, CSIR, Pretoria, South Africa
 Dr Olli Varis, Helsinki University of Technology, Finland

The journal is an interdisciplinary journal covering all aspects of water development and management in both industrialized and Third World Countries. Papers are rigorous and in-depth, and range in approach from applied geographical analysis to the examination of technical, economic, environmental and social issues.

Papers should deal with the practical aspects of water development policies, programmes and projects. Contributions from civil, mechanical and electrical engineers, hydrologists, economists, sociologists, geographers, geologists, meteorologists, limnologists, political scientists, lawyers, administrators, policy makers and other related disciplines are encouraged. All papers are peer reviewed anonymously.

Viewpoints and Reports are welcomed. Authors may submit material (1000 to 2000 words) which might not be appropriate for full length articles but which contains ideas worthy of airing. Brief factual summaries of research and reports from institutions are encouraged.

Book and Conference Reviews are welcomed. These should comprise 800 to 1000 words, typed as for major articles.

Editorial correspondence, including manuscripts for submission, commentaries or reviews, should be addressed to Professor Asit K. Biswas, President, Third World Centre for Water Management, Manantial Oriente 27, Los Clubes, Atizapan, Estado de Mexico, 52958 Mexico. Tel: 52-55-5379.5429. Fax: 52-55-5379.5439. Email: akbiswas@att.net.mx

Business correspondence, including orders and remittances relating to subscriptions, back numbers and offprints, should be addressed to the publisher: Routledge Journals, T&F Customer Services, T&F Informa UK Ltd, Sheepen Place, Colchester, Essex CO3 3LP, UK. Tel: +44 (0) 20 7017 5544. Fax: +44 (0) 20 7017 5198. Email: tf.enquiries@tfinforma.com

Advertising. For the USA/Canada, please contact: The Advertising Manager, PCG, 875 Massachusetts Avenue, Suite 81, Cambridge, MA 02139, USA. Tel: +1 617 497 6514; Fax: +1 617 354 6875. For EU/Rest of World, please contact: The Advertising Manager, Routledge Journals Taylor & Francis, 4 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxfordshire OX14 4RN, UK. Tel: +44 207 017 6000; Fax: +44 (0) 207 017 6336.

Back Issues. Taylor & Francis retains a three-year back issue stock of journals. Older volumes are held by our official stockists: Periodicals Service Company <<http://www.periodicals.com/tandf.html>>, 11 Main Street, Germantown, NY 12526, USA, to whom all orders and enquiries should be addressed. Telephone: +1 518 537 4700; Fax: +1 518 537 5899; Email: psc@periodicals.com <<mailto:psc@periodicals.com>>

International Journal of Water Resources Developments peer-reviewed anonymously and is published four times a year (March, June, September and December) by Routledge Journals, Taylor & Francis, 4 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxfordshire OX14 4RN, UK. These four issues constitute one volume. An annual contents and author index is bound in the last issue of each volume.

Abstracting and Indexing Services. International Journal of Water Resources Developments noted in the following: Aqualine Abstracts, CAB Abstracts, Cambridge Scientific Abstracts, Current Contents, Ei Compendex, Environment Abstracts, GeoArchive, GEO Abstracts, Hydrotitles, IBZ/IBR; International Civil Engineering Abstracts (ICEA), Social Science Citation Index.

ISSN 0790-0627

© 2006 Taylor & Francis

Notes for Contributors

1. The editor welcomes original contributions and also commentaries and reviews. By submission of a manuscript an author certifies that the work is original and is not being considered simultaneously by another publisher. In order to safeguard authors' rights, the copyright of all material published is vested in Taylor & Francis.

2. Manuscripts should normally not exceed 6000 words; shorter is better. All manuscripts will be refereed and only those receiving favourable recommendation will be accepted for publication. Members of the international editorial board will be pleased to discuss or forward papers on behalf of authors.

3. Authors should send the final, revised version of their articles in both hard copy paper and electronic disk forms. It is essential that the hard copy (paper) version exactly matches the material on disk. Please print out the hard copy from the disk you are sending. Submit three printed copies of the final version with the disk to the journal's editorial office. Save all files on a standard 3.5 inch high-density disk. We prefer to receive disks in Microsoft Word in a PC format, but can translate from most other common word-processing programs as well as Macs. Please specify which program you have used. Do not save your files as "text only" or "read only".

4. A short abstract of around 100 words should precede the introduction. The abstract should be clear and informative, giving an indication of the scope of and results contained in the paper.

5. Use capital letters for the main headings, lower case for subsections. Do not underline, italicize or otherwise annotate the text. Do not use footnotes; if explanatory notes are essential, refer to them in the text by superscripts 1, 2, 3, etc. The notes themselves should be gathered together at the end of the manuscript before the references section. All measurements should be in metric units, or state metric equivalents.

6. Do not insert tables and figures in the text, but gather them together at the end. Copies are acceptable for refereeing, but originals must be supplied immediately on acceptance of a manuscript. Refer to tables as Tables, numbered consecutively. Refer to all other illustrations (maps, charts, diagrams, photographs, etc.) as Figures, also numbered consecutively. Tables and figures should include short but informative captions; all captions should be gathered onto a separate sheet at the end of the manuscript. Note the format of the journal (see sizes below) in devising and sizing tables and figures. Diagrams and photographs may be printed in colour but costs must be borne by the contributor. For the scale of charges, please contact the publisher.

(a) Photographs should be well-contrasted prints on glossy paper, unmounted and approximately final size. Mark (very lightly) the author's name, figure number and the 'top' on the back of each. If lines on lettering must appear on the photograph, supply two copies of which one should be marked.

(b) Line diagram copies should be submitted at the size the author would wish them to appear, but originals should be 1.5 to 2 times final size. They must be in dense black ink on draughting film or equivalent. Maximum final sizes in the journal, including borders, are 12.5 cm × 20.5 cm (full page) and 12.5 cm × 10.25 cm (half page). Include lettering on the diagram, allowing for reduction, or supply a separate tracing paper overlay marked to ensure exact positioning and registration. Ensure that scales, keys and other critical labelling are included.

(c) Tables can be typeset or supplied ready for reproduction, in which case follow the guidelines for line diagrams. Plan each table with care to ensure compatibility with the page size and layout, and to avoid the need for reformatting.

7. References should be cited in the text by giving the last name of the author(s) followed by the year of publication in parentheses, e.g. Smith & Jones (1990); (Smith, 1992a, 1992b). For three or more authors, use the first author followed by et al.

8. The full references must be typed, double spaced, on a separate sheet at the end of the manuscript. They should include all authors' names and initials, year of publication, title of article or book, the full title of the journal, volume and page numbers and, for books and other documents, the publisher's name and place of publication, e.g.

Chau, K.W. (1993) Management of Limited Water Resources in Hong Kong, International Journal of Water Resources Development, pp. 65-73.

Biswas, A. K. (1997) Water Resources: Environmental Planning, Management and Development (New York, McGraw Hill).

Pezzey, J. (1988) Market mechanisms of pollution control: 'polluter pays', economic and practical aspects, in: R. K. Turner (Ed.) Sustainable Environmental Management: Principles and Practice (London, Belhaven Press).

9. Page proofs will be sent to authors in electronic PDF format, via email, if time permits. These must be corrected immediately and returned promptly to the publisher. Only printer's errors should be corrected; major changes or corrections are not acceptable.

10. Early electronic offprints: Corresponding authors can now receive their article by e-mail as a complete PDF. This allows the author to print up to 50 copies, free of charge, and disseminate them to colleagues. In many cases this facility will be available up to two weeks prior to publication. Or, alternatively, corresponding authors will receive the traditional 50 offprints. A copy of the journal will be sent by post to all corresponding authors after publication. Additional copies of the journal can be purchased at the author's preferential rate of £15.00 per copy.

11. Copyright. It is a condition of publication that authors vest copyright in their articles, including abstracts, in Taylor & Francis. This enables us to ensure full copyright protection and to disseminate the article, and the journal, to the widest possible readership in print and electronic formats as appropriate. Authors may, of course, use the material elsewhere after publication providing that prior permission is obtained from Taylor & Francis Group Ltd. Authors are themselves responsible for obtaining permission to reproduce copyright material from other sources. To view the 'Copyright Transfer Frequently Asked Questions' please visit <http://www.tandf.co.uk/journals/copyright.asp>

Typeset by Alden Prepress Services, Northampton
 Printed and Bound in Great Britain by Bell & Bain Ltd, Thornliebank, Glasgow

新加坡水务管理

CECILIA TORTAJADA

第三世界水管理中心, Atizapán, 墨西哥

摘要 对世界上多数国家而言, 水资源已是关乎国家存亡的问题, 而依赖马来西亚提供原水的新加坡正是其中之一。为了减低对外来水供的依赖, 这个城市国家规划及实施了多项高效率的水资源供求管理措施。除了输入水和扩展集水区以外, 其水务策略更是结合了雨水贮存、海水淡化以及运用先进尖端技术让废水再生。根据此文分析, 新加坡的水资源在质与量、供求管理、公共与私人机构参与、效率与公平考量、国家战略利益与经济效益以及在增加国内水供产量及依赖外来水源方面, 都成功地取得平衡。

导言

新加坡是一个面积约700平方公里的城市国家, 人口约440万人, 人口年增长率为1.9%。总生育率从1996年的1.7减少至2001年的1.4。图表1说明了1980年至2005年, 新加坡的人口增长情况。

过去十年, 新加坡都取得7.7%的年均增长, 国家的经济繁荣, 使得国内的社会经济稳健进步。

如何为目前每天用水量约13.6亿公升的国民, 提供清洁用水, 是新加坡政府密切关注的问题之一。新加坡降雨量充沛(每年2400公厘), 但水资源缺乏, 原因是土地面积有限, 无法贮存雨水。不过, 当新加坡还隶属英国殖民地自治邦时期, 曾于1961年和1962年签署了两份长期水供协定; 在这两份水供协定下, 新加坡可从邻近的柔佛州以每1000加仑少过美币1分的价格输入原水, 直到2011年和2061年协定分别期满为止。柔佛州的水便是从横跨两岸的2公里长堤上的三条大水管, 输入新加坡。

新加坡在1965年8月成为独立自主的国家。马来西亚宪法也在1965年8月9日进行修订。根据第14条款的修订规定:

Correspondence Address: Cecilia Tortajada, Third World Centre for Water Management, Av. Manantial Oriente 27, Los Clubes, Atizapán, Estado de México 52958, Mexico. Email: ctortajada@thirdworldcentre.org

0790-0627 Print/1360-0648 Online/06/020227-14 © 2006 Taylor & Francis

DOI: 10.1080/07900620600691944

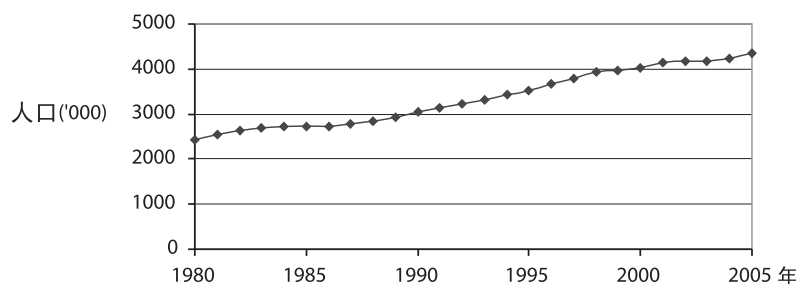


图1：1980年至2005年新加坡总人口

14. 新加坡政府必须保证，新加坡公用事业局在新加坡独立日及之后，遵守由新加坡市议会和柔佛州政府所缔结的1961年9月1日和1962年9月29日的两份水供协定所定下的条件。

马来西亚政府必须保证，柔佛州政府会在新加坡独立日及之后，也遵守这两份水供协定所定下的条件。

当新加坡成为新兴独立国家时，确保长期有可靠水供是其重要的考量因素。因此，新加坡于1966年6月，特别在联合国宪章秘书处，将新马分家协定登记在案。

两国曾进行协商，讨论延长水供协定的可能性。不过，双方在各自国家需求议题方面，意见严重分歧，使谈判无法取得令人满意的进展。新加坡为确保获得长期可靠的水供，要求条约阐明在2061年以后，能继续获得所规定的水供应量。相反的，马来西亚提出的主要要求是大幅度调高水价，增幅为目前水价的15至20倍。对于要以更高的价位支付从柔佛州输入水，新加坡认为这不成问题，其所关注的是价格的调整是如何决定，而非水价调高这个本质上的概念。

由于持续陷入僵局，新加坡制定了一项新的策略，以提高2011年后水供的可靠性及自给自足的能力。这项策略是借助日趋有效的水务管理，这包括规化和实施与水务相关的新政策、重点投资淡化海水工程，并大规模增加废水净化再使用以及集水管理和其他类似计划。

目前，新加坡的整个水供系统制度是由公用事业局管理。过去，公用事业局负责管理饮用水、电力和煤气。从2001年4月1日起，公用事业局从环境部手中接过管理废水和排水系统的任务。这项责任转移让公用事业局能够规化并实行全盘政策，包括保护和扩大水资源、雨水管理、淡化海水、用水需求管理、社区性计划、集水区管理、对某些非核心任务的特定活动外包给私人企业以及举办公共教育及增强节水意识活动。如今，这个国家已经建立了完备的废水管网收集废水及分开的排水系统，从而可大幅度地扩大废水再生。

总体规划

新加坡在水供及废水管理方面能够取得重大成果的主因是：同时着重用水之供与求的管理、废水与雨水管理、制度效率以及创造一个利好的环境。这包括坚定的政治意志、有效率的法律与规管架构和一支经验丰富且自动自发的工作团队。新加坡的实例显示，要在如能源、农业或工业等同样表现平庸的管理机构之中，希冀国家会有一个高效水务管理机构的想法是不切实际的。国家的水务管理机构，只能在其他发展领域有效运作时，才能同时发挥效率。时下普遍认为即使其他发展领域保持低效率运作、水务管理机构还是可以单方面提高效率的这一假设，是不切实际的主张。

供应管理

新加坡是少数从全方位角度观测水资源供应的国家之一。除了向柔佛州输入水，新加坡也竭尽全力保护其水资源(在质与量方面都顾及长期利益)，通过海水淡化和废水再生，以及雨水收集(Lee & Nazarudeen, 1996)，来扩大其可使用的水资源，并且运用科技发展增加水供、改善水质管理以及逐次降低生产与管理费用。目前，公用事业局内部有一个先进的水科技中心，拥有大约50名专家，提供必要的研发支援。

这些年来，集水管理逐年受重视。新加坡妥善具体地划定受保护集水区，并在宪报上公布(Appan, 2003)，会污染水资源的活动，一概不准在这些保护区内进行。由于新加坡土地面积狭小，划分为受保护集水区的面积不到5%。

1976年的废水排放法规公布了部分受保护集水区的概念，要求排放到河流的废水必须事先经过处理。对所排放的废水，限定其可接受的水质程度。尽管多数发展中国家也有类似规定，但是新加坡与这些国家的最大不同点是，严格贯彻这些条规。例如，当养猪场的排泄物成为污染水质的主要源头时，在顾全公众健康方面，立法通过牲畜法案，划定特定范围以限制牲畜的饲养。这也对集水区免受农场牲畜排泄物的污染，起了保护作用。目前，新加坡有一半的土地面积均属受保护及部分受保护集水区。到了2009年，这个比例预料会增加到三分之二。

淡化海水在增加和扩大国家可供使用的水资源方面，占了重要部分。2005年底，耗资2亿新元兴建的首座国家级海水淡化厂——大士海水淡化厂开幕。这座由当地水务公司设计和建造的海水淡化厂，是新加坡第一座私人企业设计、兴建、拥有和投入生产的海水淡化厂。它采用反向渗透法，每天可生产3千万加仑的淡化海水。在第一年的运作中，淡化海水的成本是每立方米新币78分(Lee, 2005)。

新加坡在面对水供安全的战略性问题时，早在1970年代便开始研究废水(或雨后水)

再生的可能性，并选择适当净化处理后的废水，而不是让它流入海中。然而，首个实验性废水再生处理厂却在1975年由于证实不符合经济效益及不可靠而关闭：因为这种让污水再生的技术，三十年前根本不存在。1998年，公用事业局与环境部进行了废水回收的研究。座落于勿洛水供回收厂下游的试验性新生水厂，于2000年5月开始运作，并且每天生产1万立方米的再生水。新生水厂的再生水经过两年的严密监测后，由一个专家团对其水质与可靠性进行检验，给予肯定(Lee, 2005)。

由勿洛新生水厂生产的再生水，其水质不仅比公用事业局所供应的自来水来得好，也符合美国环境保护局和世界卫生组织所规定的水质标准(公用事业局PUB, 2002, in Lee, 2005)。

因此，水供通过废水的回收、处理和再生有所增加。2003年的投资额便高达1亿1千6百万新元(公用事业局PUB, 2003)。在2002年至2004年期间，废水的处理量从每天131.5万立方米增加到每天136.9万立方米(环境及水源部, 2005)。

实验成功后，公用事业局决定扩大废水的回收、处理和再生规模。这是少数国家所采取的步骤。目前，100%的用户废水都排入废水管网，然后输送到水供回收厂处理。废水经过二级处理后，再由两个阶段的先进隔膜及紫外线技术处理，就成为新生水。新生水在质量方面虽然可以安全饮用，但主要还是作为工商用途。其纯净度比自来水高，是某些制造业生产过程的理想用水，例如需要超纯净水的半导体制造业。对这些工业来说，使用新生水能省略额外提高水质的处理过程，从而降低成本。随着越来越多工业使用新生水，所节省的水供便可作为家庭用水。

有少部分的新生水(2002年为每天200万加仑及2005年每天500万加仑，或国内每天大约用水量的1%)参入蓄水池中的原水，然后经过处理作为家庭用途。预计到了2011年，新加坡每年将能每天生产6千5百万加仑的新生水，其中每天1千万加仑(用水量的2.5%)将间接供应给家庭，5千5百万加仑则作为工商用途(公用事业局PUB, 2003, in Lee, 2005)。

现阶段有三座新生水厂生产新生水：即实里达，勿洛和克兰芝新生水厂，总产量为每天2千万加仑。这些新生水厂通过100公里长的水管输送网络，分别为新加坡的东北部、东部和北部地区供水。近期，公用事业局也进行另一项政府与私人业界合作项目，在乌鲁班丹建造新加坡最大的新生水厂，其产量可达每天2千5百万加仑(Khoo, 2005)。这座新生水厂将为新加坡的西部地区和中央商业区供水。当乌鲁班丹新生水厂投入运作后，新生水的总产量将超过每天总需求量的10%。国民大体上都能接受这类超纯净度的再生水。到了2011年，新生水预计能够应付新加坡15%的用水需求量。表1说明了新生水用户及其他相关统计数字。

表1：1995年至2004年统计数字一览

	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995
截至年底雇员人数	3125	3232	3333	3426	2143	2116	2163	2138	2190	2219
用户 (每年年底帐 户数目)										
水	1 173 434	1 153 195	1 129 815	1 108 255	1 063 331	1 049 438	1 013 495	974 467	942 925	910 712
新生水	51	24	-	-	-	-	-	-	-	-
用后水	1 173 462	1 153 196	1 129 792	1 108 232	-	-	-	-	-	-
家庭用水量 (每人每日平均公升 用水量)	162	165	165	165	165	165	166	170	170	172
截至年底时每名公用 事业局雇员所服务的 帐户数目	376	357	339	324	496	496	468	456	431	NA
资本开支 (新币百万元)										
水	95.8	214.8	88.0	115.6	144.0	197.4	108.7	84.0	50.5	43.7
新生水	58.4	89.6	96.5	12.8	-	-	-	-	-	-

注释：公用事业局在1995年进行重组，只负责供水。在此之前，除了供水外，公用事业局也负责煤气和电力供应。2001年，公用事业局从当时的环境部手中接管排水与废水管理部门。

资料来源：节录自公用事业局2004年常年报告

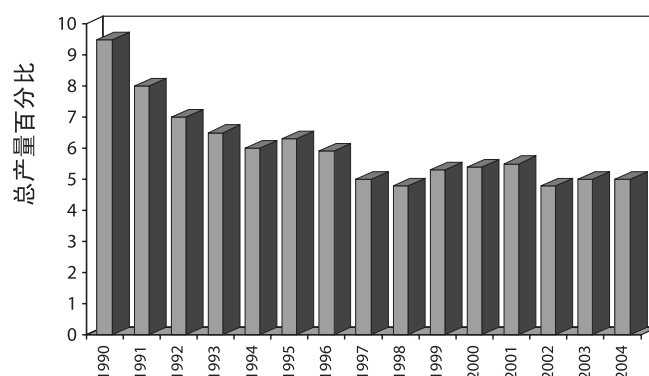


图2: 1990年至2004年新加坡未计量水

乌鲁班丹新生水厂第一年的新生水投标价为每立方米新币3角, 其价格显然比淡化海水低。在计算了生产、输送及分销成本后, 新生水的售价为每立方米1.15新元。由于新生水的生产成本比淡化海水低, 未来的用水计划将集中在生产更多的新生水, 而不是建造多座海水淡化厂。

未计量水的减少也能进一步增加供水量。未计量水是指实质的水管渗漏以及水表出现误差。新加坡不像其他的南亚及东南亚国家, 完全没有出现任何非法衔接水供系统的情况。

图2说明了在1990年, 未计量水占了总产量的9.5%(Khoa, 2005)。以当前的世界标准来说, 此未计量水可说是最低的例子之一。然而, 公用事业局在近年来还能进一步将未计量水减低到5%。这是目前没有任何国家可以匹敌的。相比之下, 世界上唯一由私营机构供水超过十年的英格兰和威尔士地区, 其任何一家最佳的私营供水公司的未计量水, 最低水平都超过新加坡未计量水的一倍以上。相同的, 亚洲多数城市的未计量水介于40%至60%。

需求管理

公用事业局在进行水务多元化与开源的同时, 也深思熟虑, 实行全面的需求管理政策。检讨1997年至2000年期间逐次调高水价的进展对了解需求管理是有帮助的。表2说明从1997年起至今的逐次调高水价结构。

1997年7月1日之前, 每户家庭首20立方米的家庭用水量, 收费为每立方米新币5角6分。接下来的20至40立方米, 收费是每立方米新币8角。每月用水量超过40立方米以及非家庭用户的收费, 均为每立方米1.17新元。

从2000年7月1日起, 家庭用水量每月在40立方米以内, 以及非家庭用户的收费, 一律为每立方米1.17新元。每月用水量超过40立方米的家庭用户, 收费则是每立

表2: 1997年至2006年水价

收费类别	用水量 (每月立方米)	1997年7月1日之前				1997年7月1日生效			
		收费 ¢ (每立方米)	耗水税 (%)	污水费 ¢ (每立方米)	收费 ¢ (每立方米)	耗水税 (%)	污水费 ¢ (每立方米)	收费 ¢ (每立方米)	耗水税 ¢ (每立方米)
家庭用户	1至10	56	0	10	73	10	15		
	20至40	80	15	10	90	20	15		
	40以上	117	15	10	121	25	15		
	所有单位	117	20	22	117	25	32		
船务用户	所有单位	207	20	-	199	25	-		
收费类别	用水量 (每月立方米)	1998年7月1日生效				1999年7月1日生效			
		收费 ¢ (每立方米)	耗水税 (%)	污水费 ¢ (每立方米)	收费 ¢ (每立方米)	耗水税 (%)	污水费 ¢ (每立方米)	收费 ¢ (每立方米)	耗水税 ¢ (每立方米)
家庭用户	1至10	87	20	20	103	25	25	117	30
	20至40	98	25	20	106	30	25	117	30
	40以上	124	35	20	133	40	25	140	30
	所有单位	117	25	42	117	30	51	117	30
船务用户	所有单位	199	25	-	192	30	-	192	30
家庭用户	1至10	87	20	20	103	25	25	117	30
	20至40	98	25	20	106	30	25	117	30
	40以上	124	35	20	133	40	25	140	30
	所有单位	117	25	42	117	30	51	117	30
船务用户	所有单位	199	25	-	192	30	-	192	30

注释: 耗水税是政府向用户抽取的税务, 以传达节省用水信息。污水费及公共卫生装置费: 这是根据卫生装置及水费条例而制定的法定收费, 用来抵销处理废水和公共污水系统的维修与扩充费用。卫生装置费为每项装置每月3新元。卫生装置费与污水费包括消费税。

资料来源: 公用事业局PUB (2005) personal communication.

表3: 1995年, 2000年与2004年每户家庭每月平均用水量与水费

项目	1995 年	2000 年	2004 年
每月平均用水量, 立方米	21.7	20.5	19.3
每月平均水费, 包括所有税务	S\$14.50	S\$31.00	S\$29.40

资料来源: 公用事业局PUB (2005); personal communication.

方米1.40新元, 这比非家庭用户的收费高。较早时实行的首20立方米家庭用水量的较低收费则取消。此外, 政府为传达节省用水信息而征收的耗水税, 在1997年7月1日之前, 每月首20立方米用水量的耗水税为0%, 超过20立方米时, 耗水税固定在15%。非家庭用户的耗水税则是20%。

从2000年7月1日起, 家庭用户每月首40立方米的耗水税调高至30%, 而非家庭用户则一律征收30%的耗水税。但是, 家庭用户的用水量每月若超过40立方米, 却须支付45%的耗水税。换言之, 高用水量的家庭用户得付更高的税务。

同样的情况, 用来抵销废水处理成本, 以及维修及扩大公共污水系统的法定污水费, 在1997年7月1日之前, 所有家庭用户每立方米的用水量, 都须支付新币1角的污水费。但是从2000年7月1日起, 所有家庭用户的污水费则调高至每立方米新币3角。表3说明了污水费调高对用户的影响。

家庭用户每月平均用水量从1995年至2004年逐年减少(表3, 图3)。2004年的用水量比1995年少了11%。但是, 同时期的每月平均水费却上涨了一倍以上。

图4说明1995年至2005年, 每户家庭每人每日平均的用水量。图中显示在实施需求管理措施后, 个人的用水量逐年递减, 从1995年的每人每日平均用水量172公升下降至2005年的160公升。

数据显示, 新的收费制度对用户的用水习惯影响显著, 并证明需求管理是一项有效的措施。这是一个积极的进展过程。新加坡的年用水量需求逐年递增, 从1995年的4亿零3百万立方米上升至2000年的4亿5千4百万立方米。但是, 在需求管理措施实施后, 用水量出现减少迹象, 在2004年下降至4亿4千万立方米。

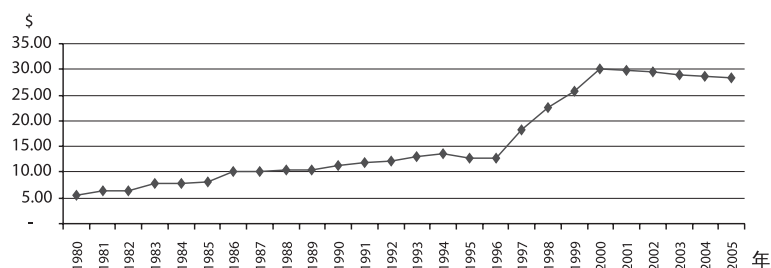


图3: 1980年至2005年每月平均水费, 包括所有税务 (新元)

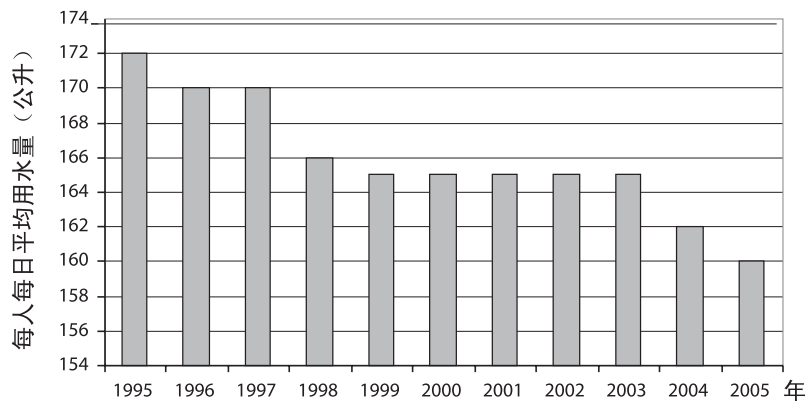


图4：1995年至2005年家庭人均日用水量

就管理措施的公平度而言，政府为低收入家庭提供了特别援助。居住在一房式和两房式政府组屋的家庭，在经济衰退时，能获得较高的水费回扣。经济拮据的家庭，则能从社会发展、青年及体育部获得社会福利金援助。

公用事业局目前所采纳的水费结构有多项显著优势，其中包括下列好处：

- 并没有像许多国家实施的所谓‘生命线’收费。这些国家认为，贫苦人家无法支付赖以生存的高水价，因此应该获得津贴。然而，生命线收费措施的缺点是，那些有能力支付水费的用户也能同时获得津贴。
- 无法支付当前水价的贫苦家庭，会获得特别津贴。从社会经济角度来看，这是一项更为有效的政策，而不是所有家庭无论经济情况如何，首20至30立方米的用水量都能获得津贴。
- 目前的收费制度，每户家庭每月用水量40立方米以下时，收费与非家庭用户相同，即每立方米1.17新元。换言之，这不像多数国家一样，出现工商用户津贴家庭用户的现象。
- 此收费结构惩罚所有每月使用超过40立方米用水量的家庭。当超出此用水量时，他们就得支付更高水费，即每立方米1.40新元。结果，家庭用户的水费比工商用户来得高。这和目前多数国家的收费标准相比之下，显得与众不同。
- 除了那些每月用水量超过40立方米的家庭用户之外，所有用户的耗水税均为30%。当家庭用户每月用水量超过40立方米时，耗水税的调幅便高达50%，即从30%提高至45%。从节省用水及整体需求管理的角度来看，这对家庭用户的用水习惯影响显著。
- 污水费是用来抵销处理废水和维修与扩大公共污水系统的费用。所有家庭用户的污水费固定在每立方米新币3角。而非家庭用户的收费则高出一倍，即每立方米新币6角。这或许是因为非家庭用户的废水，在处理上比较困难及成本较高的缘故。

- 卫生装置依项收费，目前的收费为每项装置每月3新元。
- 水费结构分成两个部分。主要的部分是，有关水费的全部收入都归公用事业局所有，以作为其日常运作和有关维修以及新投资的用途。但是，耗水税所取得的收益则归属政府而不是公用事业局。

总体监管

新加坡水供与废水管理系统的总体监管，无论在效绩，透明度以及责任制方面，都是值得仿效的。发达与发展中国家能从公用事业局的经验中获益良多。不过，本文于此只讨论部分重要经验。

人力资源

一个机构的效率，取决于其管理层和全体职员的群策群力及其运作的整体社会、政治和法律环境。在人力资源方面，公用事业局在管理方面与亚洲其他同属机构相比，有一些显著的特征。

亚洲地区大多数的水供事业在雇用员工和决定薪酬方面，权力受到限制。这导致公用事业面对以下各种问题：

- 职员，包括高级经理，主要是倚仗政治关系受雇，而不是按其管理能力或技能获聘。
- 多数的经理没有管理的自主权和权力，即使拥有，他们一般上也没有管理能力。
- 水供事业通常出现冗员，主因是政治干涉及裙带关系。由于工会势力强大，一般上也与政治挂钩，因此在缩减员工人数时更会面对重重困难，必遭工会强烈阻挠，并直接或间接的获得政治支持。然而，冗员却导致生产力下降，员工士气低落。
- 公用事业不允许按市场薪酬来支付其专业职员的工资。市场的薪金有时候比他们高出两到三倍。这意味着他们无法吸引和挽留人才。许多员工也从事兼职工作，以赚取额外收入，而贪污的情况在各阶层普遍存在。
- 公用事业主要由工程师支配，而其他职员如会计师、行政人员、社会科学家，资讯科技人员等等的晋升机会受到局限。这是另一个非工程师加入公用事业兴趣欠缺的导因。
- 拙劣管理，冗员及靠资历或政治关系获得晋升等因素，会使徵召新员工时面对重重困难。即使那些已加入的员工，在缺乏工作满足感，恶劣工作环境，以及表现优越却无法获得奖励的情况下，意兴阑珊，去意已决。

新加坡公用事业局便通过优厚薪金、奖励措施和福利配套，克服了上述和其他相关障碍。其薪酬和福利配套一般上以公务员的酬劳为基准。公务员的酬劳则是以市场的薪金为基准。它提供了优厚的表现奖励，与私人业界的主要薪酬相等。此外，其亲家庭政策，作出提供职员专业培训及个人发展的承诺，奖励表现优异的员工，以确保组织有良好表现与发展。因此，其整体表现无疑是世界上最好之一。

贪污腐败

亚洲的公用事业普遍出现贪污现象。但是，由于新加坡公用事业局的主要要求是强调职员的正直感，使其免受贪污困扰。在采取防范贪污措施方面，公用事业局向职员灌输监管准则和行为准则、实行有效的内部监管程序、定期审计以及采取果断和即时行动，惩罚证实涉及贪污的员工。职员需要作出年度声明，包括申报资产与投资以及宣誓身无债务。

新加坡具备严厉的全国性反贪污法令，在接到有关贪污举报时，会立即进行调查，并向新加坡贪污调查局提呈报告。执法者不时对违法行为采取适当的惩罚。公用事业局正是新加坡整个肃贪环境中的一部分。此外，近几十年来，当地政府也不遗余力展现坚定的政治决心，杜绝任何形式的贪污，并严惩所有或任何形式的贪污行为(请浏览<http://www.cpiib.org.sg/aboutus.htm>)。

公用事业局在优厚薪酬配套、机构职能良好以及坚定肃贪文化的环境中，能够免受贪污问题的困扰。

自主权力

缺乏自主权是影响多数亚洲发展中国家公用事业的基本导因。这会引起一连串接踵而来的问题与局限，进一步腐蚀公用事业的效率，并阻碍它通过有效和即时的方式完成任务。

亚洲多数城市所面对的基本问题是，水价的制定主要由选定官员控制。这些官员多数会为了既得利益而抵御水价调高。但是，低水价对抑制水量需求方面，无法形成任何冲击。实际上，低水价与水表计量难以共存，特别是当水表计量以及对所收集的数据进行处理时，其成本往往比通过水表计量所取得的收入还高。这个问题会因为水价偏低而愈加严重。此外，政治人物宁愿刻意让家庭用户水价偏低，并向工商用户收取较高收费来津贴家庭用户。例如，根据世界银行的调查，印度家庭用户的用水量达90%，但其收益却只占了20% (ADB, 2003)。因此，家庭用户从工商用户那里，获得大量津贴。

相反的，公用事业局的高度自主权，以及获得政府与公众的强力支持，使水价从

1997年至2000年能逐次调高（请参考表1）。水价调高使得家庭用户的每月平均用水量减少，但却增加了公用事业局的收入。这笔收入可让公用事业局累积资金，作为有效和即时的日常运作以及维修现有系统，而且也可作为未来投资计划的用途。自2000年7年起，水价不曾调高。这个策略，允许公用事业局从收入和内部储备金，在接下来几年支助新的建设成本投资。2005年，公用事业局首次通过资本市场，发行4亿新元债券。根据公用事业法令，这项融资计划必须经由负责环境及水源部的部长批准。2005年，已预算的建设成本投资接近2亿新元。

由于缺乏自主权，政治干预以及其他相关原因，发展中国家从水供事业所获取的收益，用来支助供水和卫生设备方面的经费逐年递减：从1988年的34%下降至1991年的10%，到了1998年更是减少到只剩8%。因此，这种局面对所有的项目来说，可以说是“双输”。然而，新加坡的经验显示，在拥有自主权和其他有利环境的条件下，公用事业不但可以获利，而且还能有效的执行任务。

公用事业局和亚洲许多其他类似公用事业的不同点是，当缺乏特殊专业能力或不具竞争优势时，公用事业局广泛邀请私人业界提供服务，以便争取最低运作成本。它在很早的时候已意识到要使用私人业界进行海水淡化和废水回收。此外，一些特殊项目也经常外包给私人公司。根据亚洲发展银行（2005年11月）的报告，‘过去四年’约有27亿新元的水务相关项目外包，而‘接下来两年’有9亿新元的项目外包，以改善水务。

总体表现

无论采用何种表现指标，公用事业局的成绩总是排在世界上所有的城市水务事业的首5%。以下是部分的指标：

- 所有国民都享有食水供应和卫生设备。
- 整个水供系统，从水利工程到用户，都有水表测量。
- 2004年的未计量水只占总生产量的5.18%。
- 2004年，每名公用事业局职员为376个帐户服务（图5）。
- 2004年的每月水费征收效率达99%。
- 2004年，按日计算的每月水费单拖欠日为35天。

上述分析显示，公用事业局采取了多项革新方法来管理新加坡的整体水务系统。发达或发展中国家可以采用这些方法，以提升其水务管理系统。若想达致千年发展目标（MDGs）中有关水务的目标，发展中国家和捐赠团体需要认真考虑新加坡这个实例，并在适当的调整后加以实行。

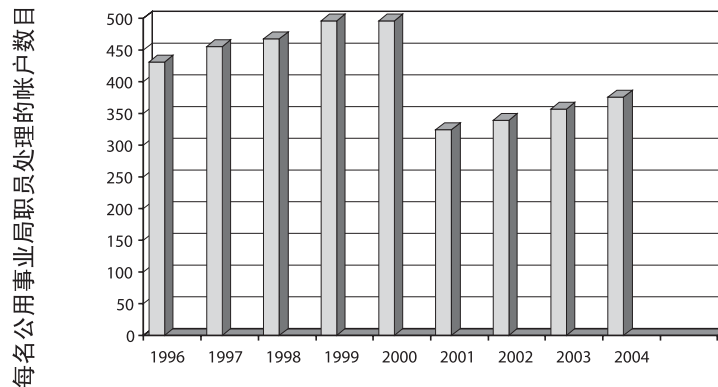


图5：1996年至2004年每名公用事业局职员处理的帐户数目

结语

综观上述，任何客观分析的结论是：新加坡近年来的水供和废水管理措施是非常优秀的。在任何发达或发展中国家里，无论是由公共或私人机构管理水供服务，新加坡的用水需求管理措施，无疑的是最好的措施之一，甚至是佼佼者。新加坡在以下两者之间成功取得平衡：

- 水质与水量考量；
- 供应与需求管理；
- 公共与私人业界参与；
- 效率与公平考量；
- 国家战略利益与经济效益；以及
- 增加国内产量与依赖外来水源。

换言之，新加坡成功推行了许多水务专家近几年来所倡导的政策。

新加坡在确保以经济有效的方式使用有限水资源、采用最新技术生产‘新’的水资源、加强贮存能力、适当的集水管理、实施节约用水措施以及确保能全面顾及社会、经济和环境因素的情况之下，使到新加坡整体水务管理措施的水平，是其他城市都会竭力仿效的。

致谢

本文是在准备2006年《人类发展报告》时的延伸部分。在此，我要感谢新加坡公用事业局，特别是局长邱鼎财先生，为本文部分的分析提供最新资料。

参考文献

Apan, A. (2003) A total approach to water quality management in partly-protected catchments. Paper presented at The Singapore Experience, International Workshop on Management and Conservation of Urban Lakes, Hyderabad, India, 16–18 June.

- Asian Development Bank (2003) Asian Water Supplies: Reaching the Poor (Manila: ADB).
- Asian Development Bank (2005) Country Water Action: Singapore. Technology turns Water Weakness to Strength, November.
- Cattle Act, Republic of Singapore. Available at http://app.nea.gov.sg/cms/htdocs/category_sub.asp?cid=181
- Khoo Teng Chye (2005) Water resources management in Singapore. Paper presented at Second Asian Water Forum, Bali, Indonesia, 29 August – 3 September.
- Lee, M. F. & Nazarudeen, H. (1996) Collection of urban storm water for potable water supply in Singapore, *Water Quality International*, May/June, pp. 36 – 40.
- Lee Poh Onn, (2005) Water management issues in Singapore, paper presented at Water in Mainland Southeast Asia, 29 November-2 December, Siem Reap Cambodia, conference organized by the International Institute for Asian Studies (IIAS), Netherlands, and the Centre for Khmer Studies (CKS), Cambodia.
- Malaysia, Act of Parliament No. 53 of 1965, Constitution of Malaysia (Singapore Amendment) Act, 1965: An Act to amend the Constitution of Malaysia and the Malaysia Act, 9 August, 1965.
- Ministry of the Environment and Water Resources (2006) Key Environmental Statistics 2005, Singapore.
- Public Utilities Board (2002) Annual Report, Singapore.
- Public Utilities Board (2003) Annual Report, Singapore.
- Public Utilities Board (2004) Annual Report, Singapore.
- The Johore River Water Agreement between the Johore State Government and City Council of Singapore signed on 29 September 1962. Available at <http://www.channelnewsasia.com/cna/Parliament/relations/documents.htm>
- The Tebrau and Soudai Rivers Agreement between the Government of the State of Johore and the City Council of the State of Singapore signed on 1 September 1962. Available at <http://www.channelnewsasia.com/cna/parliament/relations/documents.htm>
- Tortajada, C. (2006) Singapore: an exemplary case for urban water management, prepared for the 2006 Human Development Report.
- Trade Effluents Regulations (1976) Water Pollution Control and Drainage Act, Act 29/75, Pub. No. SLS 29/76, Republic of Singapore.

Dr Cecilia Tortajada

Cecilia Tortajada 博士是设在墨西哥的第三世界水管理中心的副会长，她同时也是位于西班牙阿拉贡的国际水中心、国际环境与水中心(CIAMA)的主任。

她曾经在多个主要国际机构及政府组织里担任水源和环境管理顾问, 这些机构和组织包括了粮食与农业组织 (FAO)、联合国开发计划署 (UNDP)、卡尔杜伊斯堡基金会 (CDG)、德国国际延续教育与发展协会 (InWEnt) 以及喀麦隆、印度、土耳其和刚果共和国政府。她目前正在为有关水源管理和可持续水供资源制订国家及国际政策、研发通过联合区域发展以协助缓解贫穷的创新点子、监督和评估主要的水源开发项目、分析全球环境与水源课题、水资源领域的开发建设和公众参与。

她是国际水源发展学报的编辑，也是国际水源编辑委员会的前成员。她目前是国际水域资源协会 (IWRA) 的副会长。



Prof Asit K. Biswas

Asit K. Biswas 教授是设在墨西哥的第三世界水管理中心的会长。他在英国和加拿大当过教授、出任世界水资源委员会委员和世界水理事会董事部的成员。他曾是十七个国家政府的高级顾问、六个联合国组织和多个主要国际机构的领导人。他是国际水域资源协会和国际生态经营管理学会的前会长。他也是东京俱乐部的创办人和联合主席。

Biswas 教授是国际水源发展学报的创办人，担任学报总编辑二十一年。他撰写或编辑了六十四本书(还有七本正在出版中)，并且发表超过六百篇科学和技术性论文。他的作品现已译成三十二种语文。

在他所荣获的多个奖项中，包括了国际水域资源协会的两个最高荣衔水晶珠奖和千禧年奖 (Crystal Drop and Millennium Award)，美国土木工程协会的 Walter Huber 奖和瑞典隆德大学的名誉技术博士学位。在2006年，Biswas 教授因对“环球性水源供应问题所做出的杰出和多方面贡献”而荣获了斯德哥尔摩水奖、加拿大年度伟人奖和西班牙阿拉贡的环境奖。

