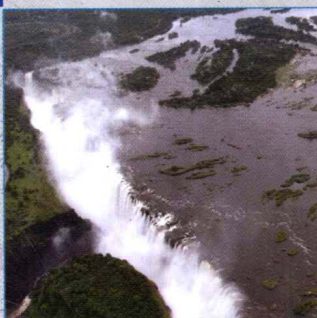


# Research on Water Resources of African Typical Areas

## 非洲典型区域水资源研究

李风亭 王洪涛 主编  
Clever Mafuta



科学出版社



# 非洲典型区域水资源研究

Research on Water Resources of African Typical Areas

李风亭 王洪涛 Clever Mafuta 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是作者根据近年来在非洲从事水资源与水环境工作的实践,组织相关非洲国家从事水资源研究的专家和学者共同撰写的。本书系统介绍了非洲典型城市和流域的水资源与水环境状况,选取的7个典型城市包括:喀麦隆首都雅温得市、埃塞俄比亚首都亚的斯亚贝巴市、肯尼亚首都内罗毕市、塞内加尔首都达喀尔市、乌干达首都坎帕拉市、南非东开普省格雷厄姆斯敦市以及尼日利亚河流州哈科特港市;同时,对尼罗河与乍得湖流域的水资源与水环境进行了调查分析;此外,还对非洲水处理技术现状及其需求进行了详细分析,包括饮用水处理、污水处理、雨水收集利用和管网基础设施建设等。

本书适用于环境科学与工程、市政工程和水资源管理等相关领域的研究人员和工程技术人员,对有志于在非洲从事水资源开发利用和水处理的企业及政府部门决策人员也有一定的参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

非洲典型区域水资源研究/李风亭等主编. —北京:科学出版社,2012  
ISBN 978-7-03-032700-0

I. ①非… II. ①李… III. ①水资源管理-非洲 IV. ①TV213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 226790 号

责任编辑:杨 震 张小娟 刘志巧 / 责任校对:张凤琴  
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏立印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2012年1月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2012年1月第一次印刷 印张:11 3/4

字数:300 000

定价:60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 前 言

2007 年 5 月联合国环境规划署主任阿奇姆·施泰纳先生访问同济大学,在与时任校长万钢教授的会谈中提出,同济大学作为知名大学,应该利用学科优势积极推动与非洲国家的合作,尤其是非洲国家在经济快速发展的同时,面临严峻的环境和可持续发展问题,同济大学应该加强与非洲大学的科研合作和人才培养,帮助非洲国家解决一些面临的挑战。2008 年在中华人民共和国科学技术部(以下简称科学技术部)和联合国环境规划署的支持下,联合国环境规划署-同济大学环境与可持续发展学院举办了第一期“环境与可持续发展非洲国家年轻领导人研修班”,来自 25 个国家的学员参加了这次研修班。这次研修班从政策制定、环境与生态管理、城市生态规划等方面探讨了非洲国家的发展问题,得到了学员们的积极评价。2008 年以后,这一研修班根据学员们的建议,集中于水资源和水处理技术,分别在联合国环境规划署-同济大学环境与可持续发展学院或者某一个非洲国家举行。2009 年科学技术部与联合国环境规划署签订了合作备忘录,共同实施非洲水资源研究与水处理技术的推广和应用。我们参加到这一课题中来,同时对埃及、利比亚、肯尼亚、坦桑尼亚、赞比亚、乌干达、埃塞俄比亚、南非和阿尔及利亚等国家的水资源和水处理技术进行了调查,对非洲水资源的情况有了初步了解。2010 年在联合国环境规划署的支持下,成立了全球环境与可持续发展大学合作联盟(Global Universities Partnership on Environment and Sustainability, GUPES)。这一联盟成立后的会议,就是讨论同济大学与非洲大学联盟成员的合作,其任务之一就是组织非洲大学联盟的 7 所学校的专家,撰写非洲典型城市水资源与水环境报告。经过大家的努力,题为“Green Hills, Blue Cities: An Ecosystems Approach to Water Resources Management for African Cities”(“青山绿城——非洲城市水资源管理的生态途径”)的报告在 2011 年 3 月 22 日世界水日(World Water Day)大会上,由联合国环境规划署和联合国人居署共同向外发布。以此报告为背景,我们补充了尼罗河流域水资源报告、肯尼亚水资源状况和乍得湖报告。希望本书的初步成果能够为国内读者了解非洲城市的水资源状况提供第一手的资料,为拓展中非环境领域的合作提供一点背景材料。

本书在编写过程中得到了 GUPES 成员的支持,包括布埃亚大学(University of Buea)、雅温得大学(University of Yaounde)、内罗毕大学(University of Nairobi)、亚的斯亚贝巴大学(Addis Ababa University)、谢赫·安塔·迪奥普大学(Cheikh Anta Diop University)、姆巴拉拉科学技术大学(Mbarara University of

Science and Technology)、罗德斯大学(Rhodes University)和河流州科技大学(Rivers State University of Science & Technology, RSUST)。特别感谢来自GUPES的众多学者的支持,包括Samuel Ndonwi Ayonghe教授、David N. Mungai教授、Alioune Kane教授、Basil Tibanyendera教授和Heila Lotz-Sisitka教授等。

联合国环境规划署环境政策司司长Ibrahim Thiaw、非洲司司长Mounkaila Goumandakoye,联合国环境规划署中国事务特别顾问王之佳、来自联合国环境规划署的Mahesh Pradhan、Mohamed Hamouda、David Osborne以及来自联合国人居署的部分学者均对本书提出了宝贵意见,甘肃省水利科学研究院马成祥副院长也为本书提供了部分图片资料。

此外,在本书编写过程中得到科学技术部国际合作司陈霖豪副司长、李昕处长及科学技术部国际交流中心孙洪主任、陈雄处长、钱翰处长、辛秉清老师和徐娟老师的鼎力支持。感谢国家自然科学基金委员会国际合作局常青局长、赵闯先生和张永涛先生的建议和支持。同时感谢全球环境与可持续发展大学合作联盟主席和同济大学副校长伍江教授、同济大学环境科学与工程学院院长周琪教授、污染控制与资源化研究国家重点实验室主任赵建夫教授和同济大学科技处贺鹏飞教授的大力支持。

同时,本课题的研究得到科学技术部国际科技合作项目“中国-联合国合作非洲水行动——非洲典型国家水资源利用技术合作、开发应用与示范”(项目编号:2010DFA92820)和“中国-联合国合作非洲水行动——非洲典型国家和流域水资源生态保护和技术合作项目”(项目编号:2010DFA92800)的资助及污染控制与资源化研究国家重点实验室基金和德国拜耳公司教育基金会的支持,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中,课题组的同事李青青、忻少华、汤伟真、周美梅、付琳、王琤、胡伟、柳丹、贾敏、戚菁、智朋丹付出了辛勤的劳动,在此一并致谢。

编 者

2011年5月31日

# 目 录

## 前言

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 绪论                      | 1  |
| 0.1 非洲的百万人口城市           | 1  |
| 0.2 城市化过程的供水和卫生         | 2  |
| 0.3 环境因素对城镇供水与卫生的影响     | 5  |
| 0.4 城市化与生态系统退化          | 7  |
| 0.5 城镇水管理               | 8  |
| 0.6 城镇水部门改革             | 9  |
| 0.7 水资源综合管理             | 10 |
| 0.8 水资源需求管理             | 10 |
| 0.9 生态服务补偿              | 11 |
| 参考文献                    | 11 |
| 第1章 喀麦隆雅温得市水资源与水环境      | 14 |
| 1.1 简介                  | 14 |
| 1.2 城市化特征及供水系统          | 15 |
| 1.3 萨那加河流域生态系统管理及气候变化影响 | 18 |
| 1.4 喀麦隆的水政策及法规          | 19 |
| 1.5 水质                  | 19 |
| 1.6 污水处理与回用             | 20 |
| 1.7 结论和建议               | 21 |
| 参考文献                    | 21 |
| 第2章 埃塞俄比亚亚的斯亚贝巴市水资源与水环境 | 23 |
| 2.1 简介                  | 23 |
| 2.2 地区描述                | 24 |
| 2.3 水资源供需系统             | 25 |
| 2.4 水污染                 | 27 |
| 2.4.1 工厂废弃物             | 27 |
| 2.4.2 城市废弃物             | 30 |
| 2.4.3 医疗废物              | 31 |
| 2.4.4 其他废物              | 32 |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| 2.4.5 典型污水处理厂 .....              | 32        |
| 2.5 污染指标 .....                   | 34        |
| 2.6 影响 .....                     | 36        |
| 2.6.1 对人类健康的影响 .....             | 36        |
| 2.6.2 对动物健康的影响 .....             | 37        |
| 2.6.3 对社会和经济的影响 .....            | 37        |
| 2.6.4 对生态系统的影响 .....             | 37        |
| 2.7 回应 .....                     | 39        |
| 2.8 结论和建议 .....                  | 39        |
| 参考文献 .....                       | 40        |
| <b>第3章 肯尼亚内罗毕市水资源与水环境 .....</b>  | <b>43</b> |
| 3.1 简介 .....                     | 43        |
| 3.2 城市化特征 .....                  | 46        |
| 3.3 内罗毕市供水现状和趋势 .....            | 48        |
| 3.4 水资源的卫生状况 .....               | 51        |
| 3.5 针对贫困人口的保障措施 .....            | 52        |
| 3.6 水资源需求管理 .....                | 53        |
| 3.7 废水排放和处理 .....                | 54        |
| 3.7.1 饮用水处理 .....                | 54        |
| 3.7.2 废水处理 .....                 | 55        |
| 3.8 供水对环境的影响 .....               | 56        |
| 3.9 环境可持续发展策略 .....              | 57        |
| 3.10 水资源管理的投资 .....              | 57        |
| 3.11 结论和建议 .....                 | 58        |
| 参考文献 .....                       | 58        |
| <b>第4章 塞内加尔达喀尔市水资源与水环境 .....</b> | <b>61</b> |
| 4.1 简介 .....                     | 61        |
| 4.2 供水现状和供水管理 .....              | 62        |
| 4.2.1 SDE 公司 .....               | 64        |
| 4.2.2 达喀尔市的供水系统 .....            | 64        |
| 4.3 废水处理与排放及其对环境的影响 .....        | 66        |
| 4.4 环境可持续的方法 .....               | 68        |
| 4.5 创新案例 .....                   | 69        |
| 4.6 结论和建议 .....                  | 70        |
| 参考文献 .....                       | 71        |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b>第 5 章 乌干达坎帕拉市水资源与水环境</b>       | 72 |
| 5.1 简介                            | 72 |
| 5.2 坎帕拉市供水现状与趋势                   | 73 |
| 5.3 贫民区面临的挑战                      | 74 |
| 5.3.1 供水现状与趋势                     | 74 |
| 5.3.2 供水规划                        | 75 |
| 5.3.3 排水现状                        | 76 |
| 5.4 供水管理                          | 78 |
| 5.4.1 1998 年以来的改革成果               | 78 |
| 5.4.2 奖励与惩罚机制                     | 79 |
| 5.4.3 1998 年以来国家给排水公司取得的成就        | 79 |
| 5.5 水需求管理及废水回收利用                  | 79 |
| 5.6 污水处理和排放                       | 80 |
| 5.6.1 废水生物处理                      | 80 |
| 5.6.2 传统废水处理方法                    | 81 |
| 5.6.3 对生态和生物多样性的影响                | 81 |
| 5.6.4 环境污染                        | 82 |
| 5.6.5 健康危害                        | 82 |
| 5.7 结论和建议                         | 83 |
| 参考文献                              | 84 |
| <b>第 6 章 南非东开普省格雷厄姆斯敦市水资源与水环境</b> | 85 |
| 6.1 格雷厄姆斯敦市的人口增长情况                | 86 |
| 6.2 一般供水特点                        | 87 |
| 6.3 格雷厄姆斯敦市的供水发展历史                | 88 |
| 6.4 格雷厄姆斯敦市东部的供水                  | 89 |
| 6.5 给排水现状                         | 89 |
| 6.6 污水基础设施                        | 90 |
| 6.7 关于格雷厄姆斯敦市的供水和安全问题             | 91 |
| 6.8 环境影响和可持续发展                    | 92 |
| 6.9 当地的环保措施                       | 92 |
| 6.10 结论和建议                        | 93 |
| 参考文献                              | 94 |
| <b>第 7 章 尼日利亚河流州哈科特港市水资源与水环境</b>  | 96 |
| 7.1 简介                            | 96 |
| 7.2 哈科特港市城市化特点                    | 98 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 7.3 哈科特港市供水状况及发展趋势·····       | 99         |
| 7.3.1 监督机构的作用·····            | 99         |
| 7.3.2 河流州水资源的需求和消费·····       | 101        |
| 7.3.3 哈科特港市及其周边地区生活用水概况·····  | 103        |
| 7.4 哈科特港市供水的环境影响·····         | 106        |
| 7.4.1 河流州的供水计划项目·····         | 106        |
| 7.4.2 哈科特港市的污水管理能力建设·····     | 106        |
| 7.5 哈科特港市污水排放问题·····          | 107        |
| 7.5.1 粪便污泥任意排放·····           | 107        |
| 7.5.2 屠宰场污水的排放·····           | 108        |
| 7.5.3 码头厕所的污水管理·····          | 109        |
| 7.6 水资源管理计划项目·····            | 109        |
| 7.6.1 污水处理基础设施的建设计划·····      | 109        |
| 7.6.2 哈科特港市水资源总体规划·····       | 110        |
| 7.6.3 给水处理和废水处理中的系统建设·····    | 110        |
| 7.7 结论和建议·····                | 110        |
| 参考文献·····                     | 111        |
| <b>第8章 尼罗河流域的水资源与水环境·····</b> | <b>112</b> |
| 8.1 阿斯旺大坝对埃及环境的影响·····        | 112        |
| 8.1.1 农业产值·····               | 114        |
| 8.1.2 水生植物·····               | 115        |
| 8.1.3 河岸侵蚀与河道改道·····          | 118        |
| 8.1.4 河床退化和沉积·····            | 118        |
| 8.1.5 制砖·····                 | 119        |
| 8.1.6 海岸侵蚀·····               | 119        |
| 8.1.7 水力发电·····               | 119        |
| 8.1.8 航行·····                 | 120        |
| 8.1.9 移民的重新安置·····            | 121        |
| 8.1.10 纳赛尔湖的淤泥沉积·····         | 121        |
| 8.1.11 文化遗产·····              | 121        |
| 8.1.12 渔业·····                | 121        |
| 8.1.13 洪水和干旱·····             | 122        |
| 8.1.14 水质·····                | 123        |
| 8.1.15 健康影响·····              | 123        |
| 8.1.16 纳赛尔湖的水质·····           | 123        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 8.1.17 本节小结 .....                    | 124        |
| 8.2 苏丹尼罗河流域水质和污染源状况 .....            | 124        |
| 8.2.1 水资源 .....                      | 125        |
| 8.2.2 尼罗河水质状态 .....                  | 129        |
| 8.2.3 尼罗河系统主要污染源 .....               | 136        |
| 8.2.4 主要城市的水处理和网络工程 .....            | 139        |
| 8.2.5 结论和建议 .....                    | 142        |
| 参考文献 .....                           | 143        |
| <b>第9章 乍得湖流域水资源与水环境</b> .....        | <b>146</b> |
| 9.1 乍得湖特征 .....                      | 146        |
| 9.1.1 物理特性 .....                     | 147        |
| 9.1.2 水文特性 .....                     | 148        |
| 9.1.3 湖水水质 .....                     | 148        |
| 9.2 乍得湖流域水资源问题 .....                 | 148        |
| 9.2.1 淡水资源短缺 .....                   | 148        |
| 9.2.2 干旱和荒漠化 .....                   | 149        |
| 9.2.3 水体污染 .....                     | 149        |
| 9.3 乍得湖面积萎缩及水量变化分析 .....             | 150        |
| 9.3.1 自然因素 .....                     | 150        |
| 9.3.2 人口因素 .....                     | 151        |
| 9.3.3 体制和政策因素 .....                  | 152        |
| 9.3.4 乍得湖萎缩过程 .....                  | 154        |
| 9.3.5 乍得湖萎缩的影响 .....                 | 155        |
| 9.4 乍得湖水资源管理框架 .....                 | 155        |
| 9.5 结论和建议 .....                      | 156        |
| 参考文献 .....                           | 157        |
| <b>第10章 非洲水资源与水环境技术现状及需求分析</b> ..... | <b>159</b> |
| 10.1 饮用水处理技术 .....                   | 159        |
| 10.1.1 饮用水处理技术现状分析 .....             | 159        |
| 10.1.2 非洲典型水厂简介 .....                | 160        |
| 10.2 污水处理与回用技术 .....                 | 162        |
| 10.2.1 污水处理与回用技术现状分析 .....           | 162        |
| 10.2.2 污水处理与回用实例简介 .....             | 163        |
| 10.3 雨水收集利用技术 .....                  | 168        |
| 10.3.1 雨水收集利用现状及技术需求 .....           | 168        |

---

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| 10.3.2 雨水利用实例简介 ..... | 169        |
| 10.4 海水淡化技术 .....     | 170        |
| 10.5 地下水开发利用技术 .....  | 170        |
| 10.6 管网基础设施建设 .....   | 170        |
| 10.7 贫民区给排水设施建设 ..... | 171        |
| 10.8 学位教育与技术培训 .....  | 173        |
| 10.9 结论和建议 .....      | 174        |
| 参考文献 .....            | 174        |
| <b>附录</b> .....       | <b>175</b> |

## 绪 论

在非洲大陆上生活着约 10 亿人口，其中有 4 亿人居住在城镇地区。非洲是世界上城市化水平最低的地区，城市化水平仅为 40%（UN-HABITAT, 2010）。

非洲的城市地区作为其经济活动、创新和发展中心，其增长速度达到年均 3.5%，为世界最快（UNEP, 2006）。据预测，以这样的增长速度，到 2030 年，非洲城市居住人口将占总人口的 50%，到 2050 年，这一数据将达到 60%（UN-HABITAT, 2010）。

非洲地区的城市化水平因国家而异。城市人口超过 60% 的非洲国家包括阿尔及利亚（Algeria）、博茨瓦纳（Botswana）、佛得角（Cape Verde）、刚果（布）（The Republic of Congo）、吉布提（Djibouti）、加蓬（Gabon）、利比亚（Libya）、留尼汪岛（Reunion）、圣多美（Sao Tomè）、普林西比（Principe）、南非（South Africa）和突尼斯（Tunisia）等。乡村人口比较高或者城市人口少于 20% 的国家包括布隆迪（Burundi）、埃塞俄比亚（Ethiopia）、马拉维（Malawi）、尼日尔（Niger）、卢旺达（Rwanda）和乌干达（Uganda）等（UN-HABITAT, 2010）。

非洲为这种快速的城市化付出了惨重的代价，最大的代价就是为满足城市居民的需求而导致环境的恶化。结果是，大多数的非洲城市中心难以从生态系统中获取足够的食品、能源和水等。城市地区还没有完全从防止气候变暖，防止水土流失和水净化等生态系统服务中受益。鉴于城市化所付出的巨大的环境成本及其对生活环境的影响，我们在此重点讨论生态系统服务中的水环境和供水能力。

由于不同城市地理位置和城市规模的差异，我们主要讨论人口超过 100 万的城市。

### 0.1 非洲的百万人口城市

非洲的城市化主要是靠经济活动来推动的，特别是依靠石油输出的国家，如安哥拉（Angola）、加蓬（Gabon）、利比亚（Libya）、喀麦隆（Cameroon）、阿尔及利亚（Algeria）和尼日利亚（Nigeria）；依靠矿石输出的国家，如博茨瓦纳（Botswana）、刚果民主共和国（Democratic Republic of Congo）和赞比亚（Zambia）；还有一些依靠小工业或农业经济的国家，如科特迪瓦（Côte d'Ivo-

ire)、肯尼亚 (Kenya)、突尼斯 (Tunisia) 和津巴布韦 (Republic of Zimbabwe)。在其他的城市化国家, 某些因素对推动城市化起着重要的作用, 如毛里塔尼亚 (Mauritania) 的干旱以及莫桑比克 (Mozambique) 20 世纪 80 年代的内战 (Garenne, 2003) 等。与此同时, 非洲城市的人口也在迅速增长, 主要来自于城市内部正常的人口增长和农村人口向城市的迁移。

经过多年的发展, 非洲许多城市人口已经超过 100 万。1990 年, 非洲有 24 个城市人口超过 100 万, 没有一个人人口超过 1000 万的城市。而 2010 年已经有 48 个人口超过 100 万的城市, 其中开罗 (Cairo) 和拉格斯 (Lagos) 居住人口超过 1000 万 (UN-HABITAT, 2010) (图 0-1)。

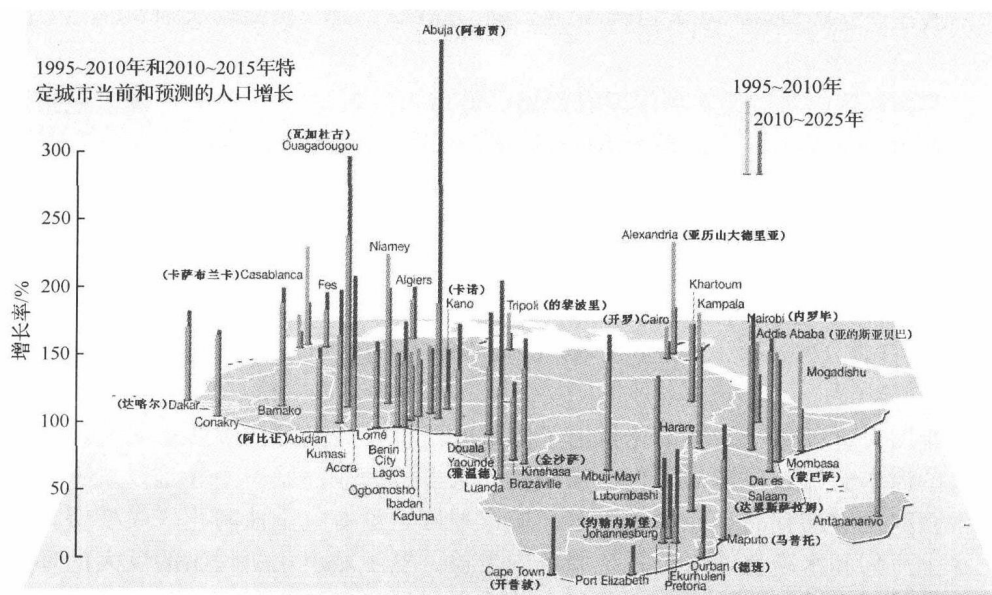


图 0-1 非洲城市人口增长率

## 0.2 城市化过程的供水和卫生

在提供服务和基础设施建设、经济增长与创造就业的投资及规划等方面, 非洲国家的能力是不均衡的, 许多城市这方面的能力甚至正在不断弱化, 在住房、交通、能源及清洁水的输送和废弃物处理等方面的服务相当匮乏。

非洲的快速城市化过程并没有与之相匹配的服务, 特别是在供水和公共卫生设施方面。非洲许多城市正面临着越来越严重的居民供水和公共卫生服务不足。保证充足的清洁水供应和卫生设施, 不仅可以满足人口增长的需求, 同时也可以

实现千年发展目标。

在刚果民主共和国,赤道附近乡镇的自来水供应率低于17%,在伊巴丹(Ibadan)为28%,即便在乍得(Chad)和布隆迪(Burundi)的某些城市地区,安全饮用水供应率也仅为30%左右。在非洲某些大城市,安全饮用水供应率则可高达80%(见本书第7章)。而在小城镇地区,居民无法获得自来水,不得不通过水井取水。在尼日利亚的哈科特港市(Port Harcourt),由企业供应的地下水约占了整个城市饮用水供应率的80%。然而井水经常受到工农业废水和生活污水的污染,常常未经处理就被直接使用。

有些国家高于50%的人口可以使用城市卫生设施,但在另外一些国家,这一比例非常低。例如,在布隆迪,仅有10%的人可以使用城市卫生设施(UN-HABITAT, 2010)。

由于供水能力不足、供水管网老化和超负荷输送等原因,非洲的大多数城市中心的供水系统正在退化。自来水公司的供水能力远低于一些城市对水量的需求。例如,雅温得市(Yaounde)每天只能供水3万 $\text{m}^3$ ,而实际需求为10万 $\text{m}^3$ (见本书第1章)。

在城镇地区,不断扩大的贫民区无法得到相应的城市服务,如供水和排水系统,而且设施的实际功能在不断退化。根据联合国人居署2010年报告,60%的非洲城镇居民生活在贫民区,尽管总体上这一比例正在逐年下降,但有些国家却恰恰相反。截至2005年底,摩洛哥(Morocco)居住在贫民区的居民占城镇总人口比例为13%;在中非共和国(The Central African Republic)和苏丹<sup>①</sup>(Sudan),这一比例高达94%;在塞拉利昂(Sierra Leone)为97%(图0-2)。非洲发展最快的城市中,高达50%的城镇居民居住在贫民地区,而这些城市饮用水和卫生设施水平的普及率比较低(图0-3)。

由于尚未确定服务收费的责任主体,贫民区难以获得安全饮用水和卫生设施服务。同时,还存在关于建设供水基础设施所涉及的土地所有权问题。贫民区很少在地图上有标志,且常常没有官方地址。不过,某些城市会主动标示出贫民区的位置,如内罗毕市基贝拉贫民区(Kibera slum of Nairobi),并计划加强信息沟通和提供更好的服务及设施(IRIN, 2011)。

除了贫民区以外,一些城乡结合区也出现安全饮用水和卫生设施问题。由于具有容易找到市场、服务和劳动力的特点,城乡结合区在非洲随处可见。这些地区缺乏安全的供水排水基础设施,往往侵占了湿地和河流流域。这会损害一些城市防洪排涝的能力,并对作为城市淡水水源的河流产生不良影响。城乡结合区通常有大片空旷的区域用做城市废物堆放场所,这进一步恶化了水质(Norström, 2007)。

---

① 本书所指苏丹均为分裂前的苏丹。

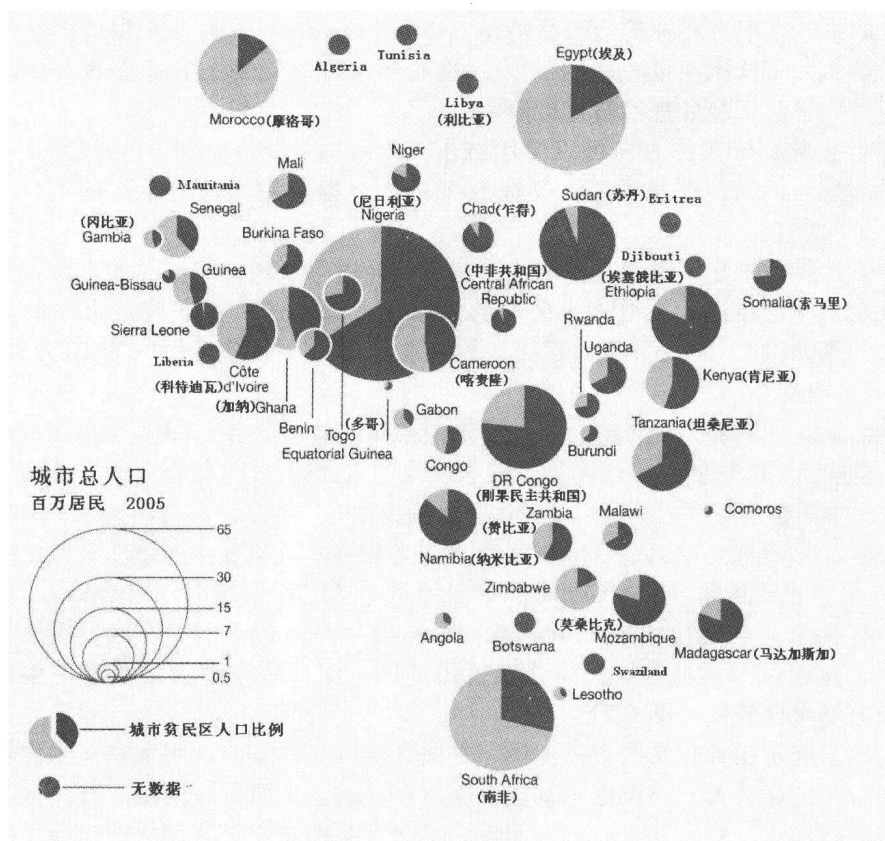


图 0-2 非洲城市贫民区人口

联合国人居署把贫民家庭定义为居住在城镇地区却缺少下列一个或多个方面的一群人：1. 具有能够抵抗外部气候条件的耐用的永久性住房；2. 充足的居住空间，意味着一个房间少于 3 个人居住；3. 能以实惠的价格购买到安全的饮用水；4. 具有合理使用人数的私人或公共厕所等卫生设施；5. 使用权保障而不被强制驱逐

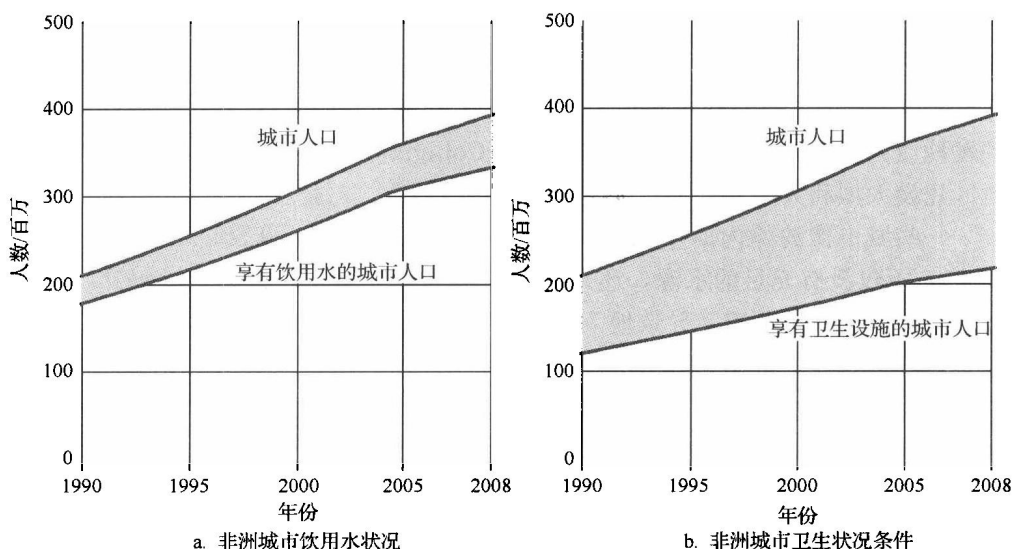


图 0-3 非洲城市饮用水和卫生设施水平

### 0.3 环境因素对城镇供水与卫生的影响

非洲的城市中心坐落在不同的地貌、气候、物理特性和降水地区。这些生态环境的差异对于了解城市区域如何获得淡水，如何成为自身污染的受害者具有重要意义。

在非洲南部或其他地区，如约翰内斯堡 (Johannesburg)、卢萨卡 (Lusaka) 和哈拉雷 (Harare) 等主要城市区域位于海拔超过 900m 的高原，这是为了避开流行疾病地区。由于对安全可靠供水的需求，有些城市必须从下游水库取水，但同时城市污水排入供水水源，使得这些城市水源水体富营养化，成为这些城市的一个突出问题。作为哈拉雷的水源地之一的 Chivero 湖，在 20 世纪 60 年代后期已经开始富营养化，其磷负荷为每年 288t，这包括处理后污水排放的磷。哈拉雷地表径流流入该河流的磷为 272t。因此，即使管道污水经处理后可以达到非常高的脱氮除磷标准，面源污染也足以使湖泊富营养化 (Magadza, 2003)。

水文条件同样也会对非洲供水和卫生设施条件产生影响。有些城市拥有丰富的雨水和地表水，有些城市却处于干旱地区，如哈科特港市 (Port Harcourt) 的雨季长达 8 个月，拥有非常丰富的饮用水源，却易于受到污染 (见本书第 7 章)。有些城市位于半岛地区，如科纳克里 (Conakry) 和达喀尔 (Dakar)，由于受海水的侵蚀，这些城市的安全饮用水源位于内陆地区。其他如阿比让 (Abidjan)、科托努 (Cotonou)、洛美 (Lomé)、弗里敦 (Freetown)、阿克拉

(Accra) 等城市位于洪水易发地段, 易遭受潮汐和风暴的侵袭。对这些地区进行适当的污水处理和清洁的饮用水供应是比较困难的。还有其他城市如瓦加杜古 (Ouagadougou)、巴马科 (Bamako) 和尼亚美 (Niamey) 都坐落在脆弱的灾害频发地质区, 该地区地下水源水产量低 (Collignon and Vézina, 2000)。在这些地区建设大坝和大型水处理厂需要巨额的资金投入。

一些城市像约翰内斯堡和努瓦克肖特 (Nouakchott) (Collignon and Vézina, 2000), 不仅没有充足的水源, 还未能保护好当地的生态系统。这些城市大量的土地已经被混凝土覆盖, 导致地下水难以补给, 地下水源也在不断减少。

地表水和地下水作为城市水源, 取水费用越来越昂贵, 这包括跨区域或跨流域调水。例如, 作为约翰内斯堡的主要水源之一的莱索托高地水利工程是非洲最大的调水工程, 该工程从莱索托 (Lesotho) 的奥兰治河流域调水以满足南非豪登省 (Gauteng) 的主要工业和城市中心日益增加的用水需求; 在内罗毕市, 对地下水需求的不断增长使得地下水水位下降和抽水成本提高 (见第 3 章); 在毛里塔尼亚 (Mauritania) 的努瓦克肖特 (Nouakchott), 主要通过水井取水, 离其最近的淡水水源有 300km (Collignon and Vézina, 2000); 而在利比亚, 主要是从撒哈拉以南地区抽取地下水, 然后通过人工管道, 将水送到北部地中海沿岸城市的黎波里 (Tripoli)、班加西 (Benghazi) 和苏尔特 (Sirte) 等 (图 0-4; 图 0-5)。

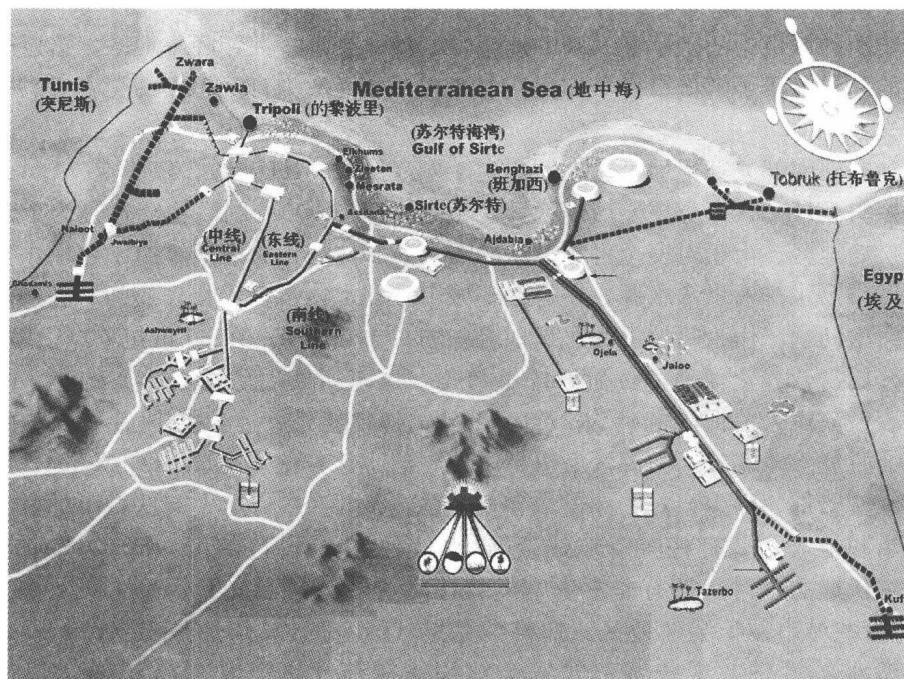


图 0-4 利比亚供水系统