

城市水管理：同位素水文学的作用和开普敦水危机的教训

文/Jodie Miller

2017年至2018年南非开普敦的水危机为评价同位素水文学在维持城市供水网络完整性方面的作用提供了机会。供水的完整性对南部非洲经济的长期可持续性至关重要，需要了解气候与水资源利用之间的关系以及这种关系对社会经济因素的影响。一个地区的水预算——水输入和输出之间的关系——具有重大的社会经济影响，包括支持城市中心、减少贫困、保护粮食和能源供应以及发展科学技术，为当地水管理战略提供信息的能力。

近年来，由于严重的干旱已经影响到开普敦——位于非洲南端约有380万人口的城市，这些问题到了非解决不可的地步。2014年至2017年期间降雨量低于平均值，导致开普敦在2017年至2018年夏季出现极端用水压力。该市大部分供水来自总容量为8289.91亿升的六个地表水储存设施。到2018年3月，这些设施的总存储量达到了最低记录水平，低于20%，其中最大的水库——希沃特思路夫（Theewaterskloof）水库，仅剩其4801.88亿升容量的13.5%。政府发布了各种公告，宣布即将到来的“零日”——即这一天该市将关闭市政供水，以维持医院等最关键基础设施。作为应对措施，要求所有居民将每人每天的用水量减少到50升。

最终，“零日”没有到来。该市为节约用水所做的集体努力使储存的水持续到冬季降雨到来。然而，关闭市政供水网络的可能性改变了人们使用和重视水的方式，并带来了用水模式

的真正改变。与此同时，一个大型城市中心如何保护和补充其短期水安全的问题也提出了重要的科学问题，包括我们如何跟踪和衡量许多不同的水输入对供水网络的相对贡献。海水淡化、灰水回收、直接雨水收集和地下水抽取都被用于以各种规模补充许多市政管网中的地表水蓄水池。但是这些会影响水质。根据日益多样化的输入流管理水量和水质，需要新的方法和科学工具来制定最佳实践策略。

城市同位素水文学

可用于帮助跟踪市政网络不同输入水源的科学工具之一是研究水的稳定同位素。研究和应用水循环中天然存在的氢和氧同位素是同位素水文学的核心。

由于普遍的城市化和人口的增长，近年来城市同位素水文学作为一种了解城市供水过程的工具得到了广泛的关注。城市同位素水文学最重要的组成部分是“指纹识别”，即城市水网每个输入的同位素特征，以通过该系统跟踪每个组成部分。这些信息可供水资源管理者用于规划长期和短期的水资源管理政策，包括监测相关贡献、网络中的停留时间、系统泄漏和由此造成的损失以及污染或玷污管理。

对从斯泰伦博斯大学所在地、该国主要葡萄酒产区中心斯泰伦博斯镇的私人住宅采集的自来水样进行了分析，以确定氧-18 (^{18}O) 和氘 (^2H) 的同位素比率。结果描绘了一幅迷人的画面，显示了城市同位素水文学在“监视”



Jodie Miller是南非斯泰伦博斯大学地球科学系副教授。她主要从事莫桑比克、纳米比亚和南非的同位素水文学项目。她参与了国际原子能机构关于城市同位素水文学的协调研究项目，是国际地球化学协会副主席、南非科学技术部生物地球化学研究基础设施平台的拥护者。



2014年以来的平均降雨量已使南非西开普省希沃特思路夫水库的水位降至临界水平。

(图/国际原子能机构A. Silva Garduno)

城市水网的波动的敏感程度。同位素比率记录的不是我们肉眼看到的来自水龙头的均匀的水，而是水的高低、相称和分散的模式。

同位素从本质上提供了当地供水网络各部分的指纹特征：来源、不同

的处理厂，以及配水网络中剩余水量的信息。随着水资源管理者寻求为世界各地日益增长的城市中心提供长期可持续供水，城市同位素水文学将成为水资源管理者工具包的一个重要组成部分。

Jodie Miller在西开普省采集水样。

(图/国际原子能机构A. Silva Garduno)

