

# 默默地付出：巴西及其邻国合作保护世界最大地下水库之一

文/Nicole Jawerth

**“该含水层影响数百万人的生活。如果它不再可用，影响将极其巨大。”**

—巴西圣保罗州立大学地球科学和精确科学研究所教授Hung Kiang Chang

**拉**丁美洲最大地下水库的未来扑朔迷离，一度使巴西、阿根廷、巴拉圭和乌拉圭的科学家、学者和政治家对他们的主要淡水资源命运感到不安。巴西及其邻国利用核技术揭开线索，现在对瓜拉尼含水层了如指掌，并可以有把握地预计，在其新的保护和可持续利用框架下，该含水层的水将会再继续流动至少200年。

过3.7万立方千米的淡水就储藏在其砂岩孔隙和裂缝中，它是饮用水的来源，并为该地区工业、农业灌溉和温泉旅游业提供用水。

“这是一个已经存在了大约数十万年的令人难以置信的跨境地下水资源。”Chang说：“该含水层影响数百万人的生活。如果它不再可用，影响将极其巨大。”

Chang补充说，该含水层对巴西尤其重要，因为在每年抽取的10亿立方米总水量中，该国的消耗约占90%，有1400万人依赖它。

## 文明的影响

虽然大部分含水层完好无损，但文明已对这个水库造成了不良影响。“大自然赋予了该地区丰富的水源，但它不足以无休止地满足现代社会的所有需求。”Chang说：“用水量不断上升，人口不断增长，在一些地区，不加控制的污染和无管制的用水可能造成威胁。”他解释说：“气候变化也将强烈影响该含水层补给区的降水量和蒸发量。”

刚刚退休的瓜拉尼含水层项目圣保罗州筹备组协调员Gerônimo Rocha说，由于卫生条件差，过度开采和污染的后果危及当地水供应，从中期来看，可能会因为例如在钻井过程中监管不当使井中滋生细菌，从而导致生态失衡。

直到最近，这四个国家一直缺乏了解文明进程如何影响该含水层以及如何最好地保护和可持续地利用该含水层所需的信息。因此，他们联合制订了“瓜拉尼含水层系统的环境保护和可持续发展项目”，



**在郁郁葱葱的绿色肥沃土地下，瓜拉尼含水层跨越120多万平方公里，为该地区饮水、农业和旅游业供应淡水。**

(图/巴西圣保罗州立大学M. R. Caetano-Chang)

利用同位素水文学核技术（见方框资料），这四个国家分析和评价了瓜拉尼含水层，以评估该地下水的年龄、起源和演变，以及其质量和污染风险。圣保罗州立大学地球科学和精确科学研究所教授Hung Kiang Chang说：“这些研究是对该项目的重要贡献，因为它们形成了整个含水层的完整画面，这有助于解释许多重要的地质、水化学和水文地质学调查结果。”

瓜拉尼含水层藏在郁郁葱葱的绿色肥沃土地下，跨越120多万平方公里，是里海面积的三倍。早在大约1.3亿至2亿年前，超



亦称“瓜拉尼项目”。

Rocha 说：“支撑这个项目的动力是技术性。”他说，该项目提出的有关问题包括：该含水层的水流量和可再生水量、污染如何对其造成影响、补给区和排泄区的位置，以及它的年龄和化学组成。除讨论有关地下水不受管制的开采外，Rocha 说：“这些问题以及其他问题也都是关注的基础。”

在国际原子能机构等一些国际组织的支持下，该项目旨在利用科学技术研究了解该含水层以及保护和可持续地利用该含水层所需要的措施。这些国家制定了该含水层的保护和可持续管理政策，其中还考虑了制度、法律、经济和环境方面的问题。

### 测定水体年龄

瓜拉尼含水层项目在2003年至2009年期间进行，最终“战略行动计划”于2011年发布。虽然该项目获得了有关该含水层情况的全面数据库，但国际原子能机构同位素水文学家 Luis Araguás-Araguás 说：“在提供关于该含水层及其水文特征的更多信息方面仍需要做更多的工作。”



此后这四个国家开展了若干后续项目，其中之一是国际原子能机构与巴西和阿根廷正在开展的一个后续项目，旨在利用同位素水文学进一步研究该含水层的年龄。该项目迄今已揭示，在该含水层一些中心部位的地下水体的年龄高达80万年。

从历史上看，该地区的水管理主要集中在地表水，虽然地下水源起着重要作用。

“如今，在该项目后，公众更多认识到对该含水层的实际和潜在的威胁。” Rocha 说：“公众对该含水层重要性的认识对于其成功管理是必不可少的。”

## 科学

# 同位素水文学

水分子具有基于其不同的同位素比例的独特指纹。同位素是其原子具有相同数目的质子但中子数目却不同的化学元素。它们可以是天然的或是人造的。放射性同位素是不稳定的，不断释放能量（称为放射性），随着衰变恢复稳定。科学家可以测量放射性同位素衰变一半花费的时间周期，即它的半衰期。通过获知放射性同位素的半衰期和在水中或在其他物质中的同位

素含量，科学家能够确定含有这些放射性同位素的岩石和水的年龄。

稳定同位素不会衰变，在它们存在于水的整个期间保持稳定不变。科学家们使用地表水和地下水中的不同同位素含量来确定各种因素和过程，包括水的来源和历史、过去和现在的降水情况、含水层补给、水体的混合和相互作用、蒸发过程、地热资源和污染过程。