

## 中国西南岩溶地区的水环境与健康问题

中国西南岩溶地区指以贵州为中心的,包括广西西部、云南东部、重庆直辖市东南部、川南、湘鄂西的连片分布的岩溶区,总面积约100万平方公里,其中裸露岩溶区面积约62万平方公里。这里虽然年降水在1000 mm以上,但是生活用水困难的地区甚多,是中国政府近年来为解决群众安全饮水问题的重点地区之一。如2006年投入80亿元人民币解决全国2000万人的安全用水问题。其中约1/3在西南岩溶地区(图1)。



图1 中国西南岩溶及类型分布图  
1. 裸露岩溶; 2. 复盖型岩溶; 3. 埋藏型岩溶;  
4. 非可溶岩地区; 5. 以阿拉伯数字编号的圆点: 保护区

造成这种情况的原因有四:一是这里可溶岩,特别是碳酸盐岩分布广泛。在地质历史上,这里沉积了数千米到万余米厚的碳酸盐岩,为岩溶发育提供了基础条件[1],而与加勒比地区、伦敦盆地、巴黎盆地的年轻碳酸盐岩相比,这里的碳酸盐岩古老坚硬,孔隙度低,地下水都在各种岩溶空间储存、运动,分布不均[2],开发利用困难;二是这里新生代以来地壳大幅度的间歇性抬升,以致适合人类生活、生产的地区多分布在海拔1000米至2000余米的各级高原面上,而作为主要水源地的大江大河多位于深切峡谷,人口容量低;三是这里季风气候水热配套,导致强烈溶蚀,土壤贫瘠和石漠化,以及各种岩溶型态,如地表落水洞,地下洞穴和地下河发育,使雨水和地表水很容易消失到地下,导致地表十分缺水,以至饮水水源困难,而丰富的地下水则因深埋而难以利用;四是土地资源与水资源空间配置格局的矛盾,农业、城市、工矿、交通设施等分布在各级高原面上,造成水环境十分脆弱。高原面上人类活动使用的化肥、农药,和产生的城市、工矿废水,加油站或交通事故的泄漏,很容易造成对地下河的污染(图2)。

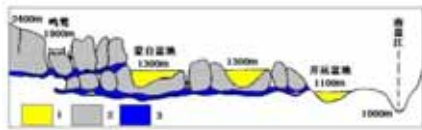


图2 西南岩溶地区土地资源与地下河的关系示意剖面,以云南部蒙自-开远盆地为例  
1. 不透水松散沉积; 2. 岩溶化碳酸盐岩; 3. 地下河

据水文地质调查,中国西南岩溶地区共有地下河2836条,总长度超过13,900余公里,总枯水流量1482立方米/秒,相当于一条黄河。如能科学保护开发,将能有效解决该地区的供水水源问题。但另一方面,由于这些地下河都位于各种土地资源的下方,水环境十分脆弱。如果处理不当,任何方式的人类活动,都会导致对地下河的污染,影响人类自身的健康。如许多地方水稻田的水通过田边落水洞流入地下河,并由另一头的地下河出口或泉水流出,成为当地居民的饮用水源。稻田中的农药、化肥对水源的污染是显而易见的。有的高原面上煤炭及各种金属矿产资源丰富,建立了许多火电厂、钢铁厂、有色金属或硫磺冶炼厂,而有的工厂的管理者把COD、BOD、酚、甚至CN、Cd、Cr、Pb、As都超标的废水灌入落水洞。认为这样做既可无污染地表水,又可节约成本。而实际上它们污染了当地的地下河,而这种带有污染质的地下水又从几公里到几十公里外的地表河流出。中国西南岩溶高原正处於长江和珠江水系间的分水岭地带,其对下游居民健康的影响,是需要认真关注的问题。

为了解决这些水环境与健康问题,已采取了以下措施:首先是立法,在中华人民共和国环境保护法中,已明确规定禁止向落水洞中排放污染物[3];二是在西南岩溶地



袁道先 院士

区开展了大规模的水土保持工程,防治岩溶石漠化,减少泥沙和污染物灌入地下河;三是修建水柜,近年来已在西南岩溶地区修建了100多万口水柜,每个水柜容积30-3000立方米,有的水柜与表层岩溶带泉水相结合,在生态条件良好的情况下,可在旱季为位于地下河水位以上百余米的村庄提供足够的清洁水源;四是开发地下河,在岩溶山区因地制宜地采取了多种型式,储存、引用雨季地下水,供旱季引用,有的还可发电[4];五是打井取水,在有的平原岩溶区,经过认真的水文地质勘察后,打井供水也取得了良好效果;六是建立自然保护区,现已在西南岩溶区建立了11个自然保护区,并已于2006年整合3个点向联合国申报世界自然遗产地。保护区的建设推动了岩溶地区清洁用水工作向更高水平发展。如贵州荔波县茂兰自然保护区的拉乔村,在国际保护区联盟(IUCN)荷兰委员会的帮助下,通过封山育林、使用绿肥、发展沼气池等措施,改善了生态,不但用表层岩溶带泉提供了全村300多人的清洁水源,而且还可在稻田中养鱼。

但西南岩溶地区的水环境与健康问题还面临许多新的挑战:首先是在经济快速发展的条件下,土地利用与岩溶含水层保护之间的矛盾还将长期存在。作为大江大河分水岭地带,从区域生态功能的要求出发,该地区还肩负有下游生态屏障的作用。但为改变当地经济欠发达的面貌,以煤炭、电力、冶炼,和农业、交通为基础的经济又不得不加快发展,如何处理好这对矛盾,将是一个长期艰巨的任务;二是含政府工作人员在内的公众对岩溶水文系统的脆弱性还缺乏认识,以致在岩溶洼地、落水洞中排废的情况屡有发生。美国肯塔基州的白马洞(White Horse Cave),上世纪八十年代初,曾因向洞内排废而变成了“下水道”,经过二十多年的艰苦治理,才于本世纪初恢复原貌。如何防止白马洞的经历在中国西南13900公里的地下河上重演?是一个巨大的挑战;三是西南岩溶地区的饮用水问题,通过修建大量水柜有所缓解,但在亚热带湿热条件下,微生物极易在水柜中繁衍,如何改善饮水质量,也是一个新问题。

这些问题的解决是一项系统工程,需要从可持续发展理念出发,改变经济增长方式入手;做好区域生态功能规划,并付诸实施;加强教育,提高公众特别是政府工作人员对岩溶水环境脆弱性的认识;严格执法;依靠科学技术,作好已被污染的地下河及水柜的治理,经过持续不断的努力才能解决。

袁道先  
西南大学地理科学院

### 参考文献

- [1] Derek Ford & Paul Williams. 1989. Karst Geomorphology and Hydrology, Unwin Hyman
- [2] Yuan Daoxian. 1985. On the Heterogeneity of Karst Water, Karst Water Resources (Proceedings of the Ankara-Antalya Symposium, July, 1985), IAHS pub1. No.161, P281-292
- [3] 《中华人民共和国环境保护法》
- [4] 广西水文工程地质队, 1979,《岩溶地区供水水文地质工作方法》, 356页, 地质出版社

### 作者简介

中国科学院院士,国务院政府特殊津贴专家。现任国土资源部岩溶动力学重点实验室主任,西南大学地理科学院教授,博士生导师。