

内蒙古巴丹吉林沙漠地下水资源调查

任 伟¹⁾, 田 嵩²⁾

1) 中国地质调查局发展研究中心, 北京, 100037; 2) 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京, 100083

位于内蒙西部的巴丹吉林沙漠是我国第二大流动沙漠, 地处阿拉善高原中心, 面积约 4.92 万 km²。沙漠中发育有很多规模宏大的沙山, 山体一般高 200m~300m, 最高可达 500m 左右, 并且东南部高大沙山间发育着由地下淡水补给的湖泊总计 144 个之多, 现有水的仍有 72 个, 湖泊面积达 23km²。多数为咸水湖, 有的湖泊的湖底出现盐的结晶, 少数湖泊为淡水。笔者在沙漠腹地用了近一个月的时间, 对巴丹吉林沙漠多个沙山连同附近海子进行音频大地电磁剖面测量, 对数据进行带地形的二维反演后得到区域电性剖面模型, 进而对分析沙漠地下水资源状况提供依据。

必鲁图海子和音德尔图海子均为咸水湖, 盐度较高, 湖岸有盐的晶体析出。音德尔图海子中心发现了钙华, 钙华主要成分为文石。钙华中间存在有上升泉, 水量较大, 泉水为淡水。必鲁图峰中央脊线沿南西-北东向延伸, 脊线在 5 号测点处最高, 海拔达 1520m, 脊线向两侧逐渐变低。沙山迎风面较为缓和, 坡面长 1.92km, 高差 353m, 坡度大约有 11°。背风坡较陡, 坡面长 920m, 高差 314m, 坡度约 20°。此区域一般沙丘背风坡会有钙结层发育, 大约处于沙丘中部的位置, 钙结层大约 4~5cm 厚。钙结层下部沙子湿度很大, 表层沙土一下几厘米就可可见含水量较大的湿沙, 而钙结层上部沙子很干。坡顶处沙子更干, 挖开沙土一米未见湿沙。经测量背风坡不同位置 30cm 深度沙子含水量结果如下: 底部沙子含水量 20%左右, 钙结层下部含水量 30~40%, 坡顶地区沙子含水量 5%左右。

由二维电阻率反演剖面可以看出, 必鲁图峰下方存在大规模低阻, 并且低阻区域与周围海子相通。说明沙山底部区域富含水, 海子与海子之间依靠地下水路相通, 每个海子也是依靠这些地下水补

给的。所以基本可以排除楼桐茅的基岩理论可能, 并且符合这里的水文地质自然条件。必鲁图峰中部核心位置的高阻异常应该是钙结层的作用, 一般这里的高大沙丘中下部都存在古老沙丘的基底, 古沙丘表面存在由于古代某时期强降水和蒸腾作用形成的致密钙结层。这层钙结层会阻碍水在沙丘内部的蒸腾作用, 所以导致了水在钙结层下部的堆积和钙结层上部沙子的干燥环境, 因此证实谭见安的现代复合沙山的流沙覆盖在古老的钙质胶结层上的理论。所以说这个区域的高大沙山是复合型沙山, 沙山底部是古老的沙丘基底, 新生成的沙山一层叠加在古沙丘基底之上, 新沙丘表面又覆盖有许多次生沙丘。巴丹吉林气候干燥, 湖泊水均不是来源于大气降水, 而是由地下水源源不断地供给。通过环境同位素跟踪, 比较趋于一致的观点是巴丹吉林地区地下水补给源是黑河中上游河水、祁连山大气降水和冰雪融水。

因此巴丹吉林沙漠众多高大沙山群作为世界最高大的沙丘系统, 是由其稳定的西北风作用、源源不断的地下水补给机制和特殊的地层环境共同作用的结果。看似死气沉沉寸草不生的沙漠表面以下有一套完善的水循环系统, 这也是高大沙山形成和存在的基础。高大沙山的成长与维持是与水蒸气分不开的, 由于钙结层向迎风坡倾斜, 水蒸气向背风坡逃逸, 这也是背风坡底部出现低阻的原因, 也在沙丘背风坡附近形成一个空气湿度相对较大的空间。新生沙丘覆盖在古老沙丘基底之上, 内部湿度较小。由于稳定的西北风作用, 不断把新沙带到迎风坡上, 形成次生沙丘。沙丘吹到坡顶后, 遇到背风坡下部蒸腾上来的湿润气体, 水蒸气凝结在气温较低的沙粒表面。当沙丘的含水量超过 4%时抵抗风蚀的能力会大大增强, 所以到达顶部的沙子更

容易停留在沙山顶部，而不是滚落下来。所以在地下水源的供给和稳定西北风作用下，沙山随着时间推移，越来越大。

本次把音频大地电磁方法引入到沙漠地质勘探中，得到的电阻率剖面与地表地质情况基本吻合，说明音频大地电磁法应用在沙漠水资源研究中可行。从此次地球物理反演剖面中可以看出，高大沙山底部呈现明显低阻并与沙山两侧海子相通，说明沙山底部富含水，海子之间依靠地下水路相通；而在沙山中存在小范围高阻区域，是由古老沙丘不透水的钙结层造成的。高大沙山的形成和发育与此区域庞大的水循环系统分不开，此地区蒸腾作用强烈，空气中比其他沙漠含有较多水蒸气。由西北风吹到沙山上部的沙粒表面吸附水蒸气后，其抵抗风蚀的能力会大大增强，这才是沙山保持高大的主要原因。因此这个区域高大沙山应该是复合型沙山，沙山底部也蕴含着丰富的水，但是如何利用沙漠中的水资源是一个难题。希望今后人们对美丽的巴丹吉林沙漠做更深入的研究，能够利用巴丹吉林地下庞大水源这个得天独厚的条件，把沙漠改造

为绿洲。

参 考 文 献 / References

- [1]朱震达, 吴正, 刘恕等.中国沙漠概论[M].科学出版社, 1980.68-76.
- [2]杨小平.近 3 万年来巴丹吉林沙漠的景观发育与雨量变化[J].科学通报, 2000, 45(4):428-434
- [3]耿宽宏.中国沙区的气候[M].科学出版社, 1986.7-10.
- [4]刘建刚等.巴丹吉林沙漠湖泊和地下水补给机制[J].水资源保护, 2010, 3:18-23
- [5]楼桐茂.甘肃民勤至巴丹吉林庙间沙漠成因及其改造利用[J].治沙研究, 1962, 第 3 号:90-95.
- [6]丁宏伟, 王贵玲等.巴丹吉林沙漠湖泊形成的机理分析[J].干旱区研究, 2007, 1:1-6.
- [7] Smith, JT; Booker, JR. Rapid inversion of 3-dimensional and 4-dimensional magnetotelluric data[J].Journal of geophysical research-solid earth and planets,1991,96(b3): 3905-3922.
- [8] Constable, SC; Parker, RL; Constable, CG. Occams inversion - a practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data[J]. GEOPHYSICS, 1987,52 (3): 289-300.
- [9]Rodi, W; Mackie, RL.Nonlinear conjugate gradients algorithm for 3-D magnetotelluric inversion[J].GEOPHYSICS, 2001,66(1): 175-187.