

罗润林,邓海鹏,李亚南,等. 随机岩溶介质的电阻率正演模拟[J]. 中国岩溶,2019,38(1):117-123.  
DOI:10.11932/karst2018y11

## 随机岩溶介质的电阻率正演模拟

罗润林<sup>1</sup>,邓海鹏<sup>1</sup>,李亚南<sup>1</sup>,刘长扬<sup>1</sup>,彭诚<sup>1</sup>,高柱<sup>2</sup>,钟伟<sup>1</sup>

(1. 桂林理工大学地球科学学院,广西 桂林 541004; 2. 贵州工程应用技术学院,贵州 毕节 551700)

**摘 要:**受岩溶发育的影响,岩溶地区电阻率分布具有很大的不确定性。采用传统的正演方法在一定程度上不能满足岩溶探测的需要。为了更真实地反映岩溶介质的电性特点,本文提出了一种根据随机过程的谱分解理论来构造随机介质模型的方法,并以此建立了岩溶地区随机地电模型。对理论和实测地电模型的正演计算表明,随机介质能更有效模拟实际地电结构,正演结果更接近实测的异常形态。因此,岩溶地区的电阻率正演模拟计算采用随机介质模型是十分有必要的,一方面有助于对异常的认识,另一方面,随机介质模型可以更好地模拟岩溶地区的地电模型。

**关键词:**随机介质模型;电阻率;有限元法;岩溶介质

**中图分类号:**P631.3; P642.25 **文献标识码:**A

**文章编号:**1001-4810(2019)01-0117-07

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### 0 引 言

岩溶在我国分布面积约 346 万 km<sup>2</sup>,占国土面积的 1/3 还多<sup>[1]</sup>。虽然赋存有丰富的地下水资源,但由于岩溶发育的复杂性,岩溶地区干旱缺水、石漠化以及地下水污染等环境问题突出<sup>[2]</sup>,并且岩溶发育对水利水电工程、道桥建设以及城市建设造成很大的隐患。因此岩溶探测、岩溶地区地下水资源勘查和水污染调查是水文学地球物理的热点和难点。

电阻率成像法(ERT)是岩溶地区水文地球物理勘探中的一种重要方法,在水文地质、环境地质以及工程地质调查中得到了广泛地应用,并取得了丰硕的成果<sup>[3-8]</sup>。电阻率正演模拟是 ERT 的一个重要的内容,其正演计算的精度、合理性及效率,直接影响到 ERT 的效果。当前的电阻率正演模拟主要采用确定性计算,即按照现有的信息建立确定性的地电模型,然后进行视电阻率或电位计算,这种方法具有建模和计算简单等优点。然而,受岩溶发育的影响,岩溶地区地下含水介质空隙分布高度不均,管道、裂隙和孔隙并存,并且充填着各种不同的液相、固相物体,含水

介质具有强烈的各向异性和非均质性,水流运动规律也异常复杂<sup>[9]</sup>,使得岩溶地区电阻率的分布具有很大的不确定性。因此,在岩溶地区水文地质调查和岩溶勘探中,采用传统电阻率正演计算方法得到的视电阻率往往与实际的情况不符,从而影响物探工作者对实测视电阻率异常中岩溶发育情况的判断,进而影响 ERT 效果。而随机正演模拟方法则可以在一定程度上解决这些问题。

随机正演模拟方法有两种,一种是利用随机偏微分方程求解,另一种是通过建立随机介质模型求解。目前国内外关于随机介质模型的研究已有多年,取得了一定的成果。如 Korn<sup>[10]</sup>研究了随机介质中的地震波,给出了随机介质模型的统计学描述方法;Ikelle<sup>[11]</sup>等研究了二维随机介质模型,其模型是基于指数型自相关函数的;Ergintav 和 Canite<sup>[12]</sup>基于高斯型自相关函数进行了二维随机介质模型的正演模拟。国内奚先和姚姚<sup>[13-15]</sup>做了大量随机介质的相关研究,用二维指数型椭圆自相关函数模型做正演;对随机介质模型的研究意义进行了讨论,验证了研究随机模型的必要性;研究了层状区域多尺度随机介质;

基金项目:国家自然科学基金(41564002);贵州省毕节市贵工程联合基金资助项目(黔科合 LH 字)[2016]7049 号

第一作者简介:罗润林(1976-),男,主要从事浅层地球物理研究。E-mail:luorunlin@glut.edu.cn。

收稿日期:2017-10-29

提出了非平稳随机介质模型的概念。李灿莘等<sup>[16]</sup>用 Von Karman 型自相关函数模型模拟随机介质,对自相关长度、标准差、谱指数等参数的影响进行了研究。陈可洋<sup>[17]</sup>改进了随机介质模型,并进行了随机介质三维建模和波场模拟。殷学鑫和刘洋<sup>[18]</sup>对二维随机模型进行了交错网格有限差分正演,对自发自收记录的几种波的参数进行了研究。李红星和陶春辉<sup>[19]</sup>对双向各向异性随机介质运用伪谱法进行了波场分析,加深了人们对油气储层的认识。郭乃川等<sup>[20]</sup>引入锥形函数解决了随机介质建模误差的问题。

随机介质模型在地学中得到了广泛的应用。如田仁飞<sup>[21]</sup>运用随机介质模型模拟了川中龙门山前缘地带的推覆体微结构,并分析了其在偏移成像剖面上的变化特征,为直接从地震剖面上识别推覆体微结构提供了依据。郭士礼<sup>[22]</sup>通过建立符合公路工程材料的随机介质模型,研究随机介质模型参数及其与之相关的探地雷达波场变化规律,使其成为定量评估公路工程介质材料的物质基础。马灵伟等<sup>[23]</sup>运用“交”、“并”算法将储层结构单元与随机介质模型结合,建立了符合地下实际的深水台缘礁碳酸盐岩储层地震地质随机模型。刘猛等<sup>[24]</sup>从水文地质参数的随机性出发,采用地下水数值模拟软件建立了参数随机模拟的数值模型,并求得模型的随机解,计算出了模型的水位均值流场和水位标准差分布。

本文以二维指数型椭圆自相关函数建立随机介质模型,讨论了相关函数的参数对建模效果的影响。然后,设计了理论和实测的地电模型,利用随机建模的方法,对岩溶复杂的地电环境进行电阻率正演计算,对计算结果进行分析。

## 1 随机介质模型的建立方法

对于介质中大量的、随机分布的小尺度异常,可通过统计学方法描述,这就是随机介质模型。随机介质模型由大、小两种尺度的非均匀性组成。大尺度的非均匀性描述介质的平均特性,也就是通常所说的地质模型;而小尺度上的非均匀性是加在上述平均值上的一种随机扰动。通过用一个零均值的空间平稳随机过程来表示介质在小尺度上的非均匀性。这样介质的电性参数在小尺度上的空间扰动就可以用若干个统计量来描述,它们分别是空间自相关函数、自相关长度、均值、方差等。

以二维电阻率随机介质为例,在空间坐标点 $(x, z)$ 处的电阻率 $\rho(x, z)$ 可分解为:

$$\rho(x, z) = \rho_0 + \delta\rho(x, z) \quad (1)$$

式中: $\rho_0$ 是大尺度非均匀介质参数,通常假设为常数或者随空间坐标 $(x, z)$ 缓慢变化; $\delta\rho$ 为小尺度非均匀介质参数,令:

$$\gamma(x, z) = \delta\rho/\rho_0 \quad (2)$$

假设空间随机相对扰动 $\gamma(x, z)$ 是具有零均值及一定自相关函数、方差的空间平稳随机过程。结合式(1)、式(2)得到:

$$\rho = \rho_0 + \delta\rho = \rho_0(1 + \gamma) \quad (3)$$

其中相对扰动 $\gamma(x, z)$ 满足:

均值为零:

$$E(\gamma(x, z)) = 0 \quad (4)$$

归一化方差为 $\epsilon^2$ :

$$E(\gamma^2(x, z)) = \epsilon^2 \quad (5)$$

协方差函数:

$$C(x, z) = E(\gamma(x, z) \cdot \gamma(x + x_1, z + z_1)) \quad (6)$$

自相关函数:

$$\varphi(x, z) = C(x, z)/\epsilon^2 \quad (7)$$

在数学上可将随机介质看做一个随机序列。一般的随机序列不存在理论上的傅里叶变换,但可用自相关函数来描述。指数型椭圆自相关函数是常用的函数之一,其表达式如式(8)所示。

$$\varphi_E(x, z) = \exp\left[-\sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2}}\right] \quad (8)$$

其中: $a$ 和 $b$ 分别表示随机介质在 $x, z$ 方向上的自相关长度,用于描述在水平方向和垂直方向的随机扰动的平均尺度。

那么随机过程 $\gamma(x, z)$ 可以从自相关函数的功率谱来描述,其原理如下:

(1) 选择指数型椭圆自相关函数以及自相关长度 $a$ 和 $b$ ,求出自相关函数 $\varphi(x, z)$ 的二维傅里叶变换 $\varphi(k_x, k_z)$ ,这正是随机扰动 $\gamma(x, z)$ 的功率谱;

$$\varphi(k_x, k_z) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(x, z) e^{-i(k_x x + k_z z)} dx dz \quad (9)$$

(2) 用随机数发生器产生在 $0 \sim 2\pi$ 之间服从独立均值分布的二维随机场 $\theta(k_x, k_z)$ ;

(3) 用功率谱函数 $\varphi(k_x, k_z)$ ,根据式(10)产生对应的随机谱函数;

$$\gamma(k_x, k_z) = \sqrt{\varphi(k_x, k_z)} \cdot \exp[i\theta(k_x, k_z)] \quad (10)$$

(4) 计算随机谱函数 $\gamma(k_x, k_z)$ 的二维傅里叶反变换,得到随机扰动 $\hat{\gamma}(x, z)$ ;

$$\hat{\gamma}(x, z) = \frac{1}{2\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \gamma(k_x, k_z) e^{i(k_x x + k_z z)} dk_x dk_z \quad (11)$$

(5) 计算 $\hat{\gamma}(x, z)$ 实际的均值 $\mu$ 和方差 $d^2$ ;

$$\mu = E(\hat{\gamma}(x, z)) \quad (12)$$

$$d^2 = E((\hat{\gamma}(x, z) - \mu)^2) \quad (13)$$

(6) 通过式(14)规范化,产生均值为 0、方差为  $\epsilon^2$  的规范化随机扰动;

$$\gamma(x, z) = \frac{\epsilon}{d}(\hat{\gamma}(x, z) - \mu) \quad (14)$$

(7) 将式(14)代入式(3)即可产生以  $\varphi(x, z)$  为

自相关函数,具有指定大尺度均值  $\rho_0$  和小尺度方差  $\epsilon^2$  的随机介质模型。

图 1 显示了按上述理论分别选择不同的自相关长度所产生的 6 个不同特点的随机电阻率模型,其中介质均值为  $1\ 000\ \Omega \cdot m$ ,随机相对扰动量  $\gamma(x, z)$  的归一化标准差为  $\epsilon=0.2$ 。

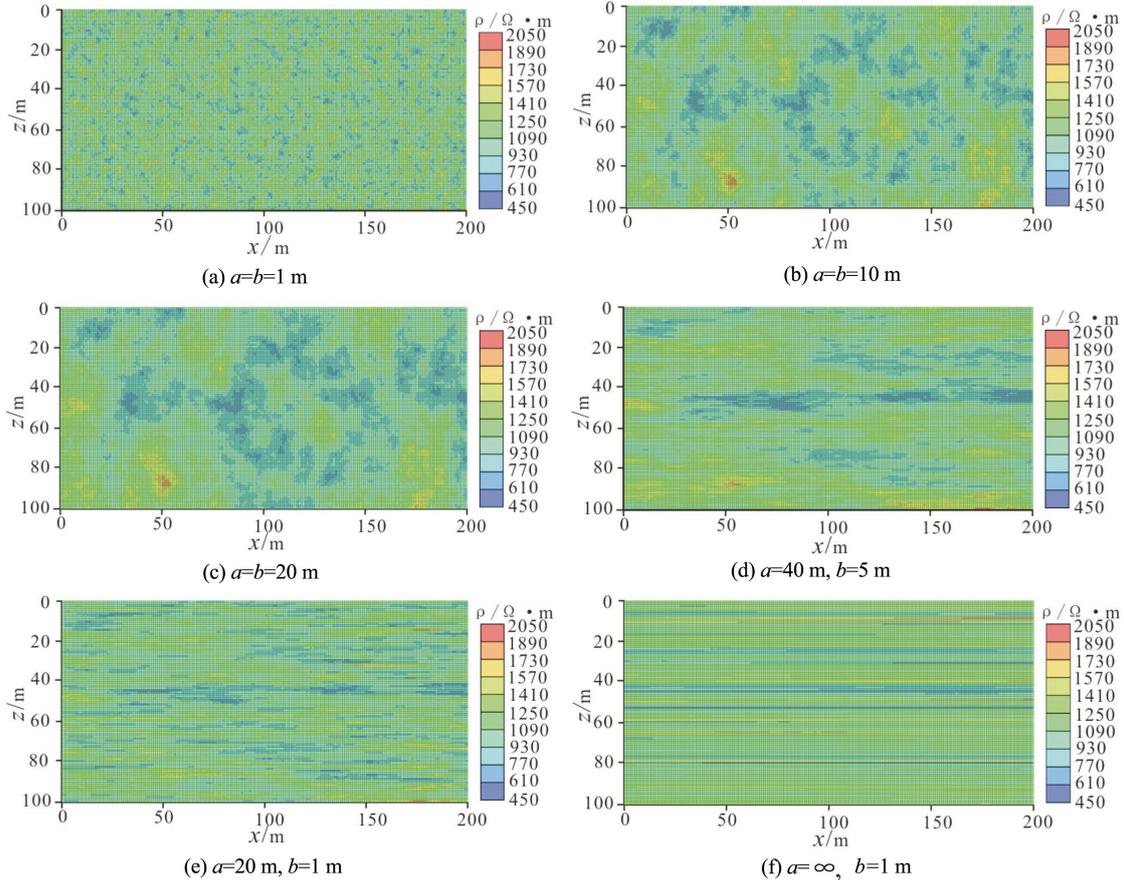


图 1 指数型椭圆自相关函数产生的随机介质模型

Fig. 1 Random medium models generated by exponential ellipsoidal autocorrelation function

从图 1 我们可以看出,自相关长度  $a, b$  分别描述了随机介质在  $x, z$  方向上的非均匀异常的平均尺度,某个方向的数值越大则该方向的电阻率连续性越好。图 1(a)–图 1(e)所示的随机介质模型与实际地质情况非常相似,这表明指数型椭圆自相关函数能很好地模拟地下实际介质。当  $a=\infty$ ,表示在  $x$  水平方向均匀分布,此时二维随机介质变成一维层状随机介质模型,如图 1(f)。

## 2 二维随机介质中的直流电正演模拟

二维构造中,选取图 2 所示的坐标系,使  $z$  轴平行构造走向,则点电源的二维边值问题<sup>[25]</sup>为:

$$\nabla \cdot (\sigma \nabla U) - k^2 \sigma U = -I \delta(A) \quad \in \Omega \quad (15)$$

$$\frac{\partial U}{\partial n} = 0 \quad \in \Gamma_s \quad (16)$$

$$\frac{\partial U}{\partial n} + k \frac{K_1(kr)}{K_0(kr)} \cos(r, n) U = 0 \quad \in \Gamma_\infty \quad (17)$$

式中: $U$  是波数域电位,  $k$  是波数;  $\sigma$  是介质电导率;  $\delta(A)$  表示以  $A$  为中心的  $\delta$  函数;  $K_0$  和  $K_1$  分别是第二类零阶、一阶修正贝塞尔函数,  $\cos(r, n)$  是二维地质体中坐标原点到边界  $\Gamma_\infty$  的矢径  $r$  与外法向  $n$  夹角的余弦。此时的  $\Gamma_s, \Gamma_\infty$  是二维区域的边界,  $\Omega$  是二维区域面积。

用有限单元法求解式(15)–(17)可以得到各个节点的  $U$ , 经过傅里叶反变换计算出二维空间的电位  $u$ , 然后根据按照不同的装置计算得到视电阻率。

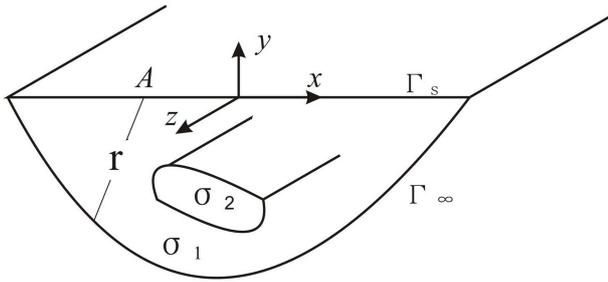


图2 点电源二维构造坐标系示意图

Fig. 2 The schematic diagram of two dimensional tectonic coordinate system of point current source

### 3 算例

#### 3.1 理论模型

图3为单个岩溶的地电模型。模型中水平低阻板状体(岩溶)的顶深为3 m、宽5 m、长20 m。并按照不同的归一化标准差和自相关长度(表1)建立三种随机介质模型(如图3(a)–(c))。选用对称四极装置分别进行正演模拟。

表1 理论模型参数

Table 1 Parameters of theoretical models

	a		b		c	
	围岩	局部体	围岩	局部体	围岩	局部体
$\rho/(\Omega \cdot m)$	1 000	500	1 000	500	1 000	500
$\epsilon$	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1
$a/m$	0	0	10	10	10	10
$b/m$	0	0	1	1	10	10

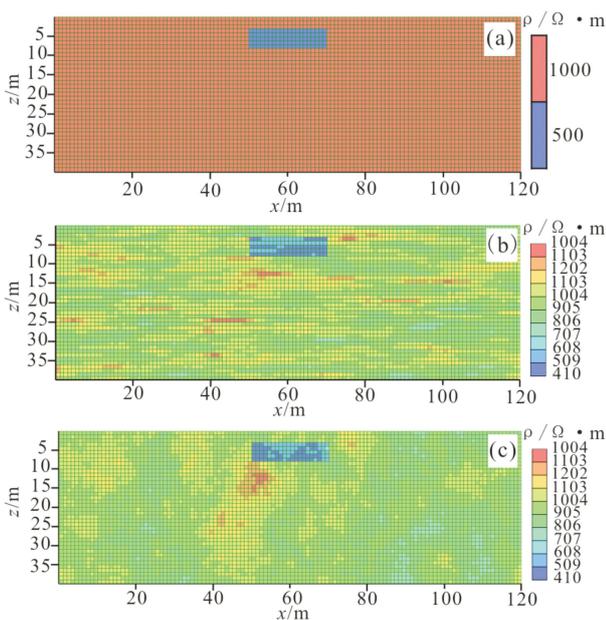


图3 理论模型

Fig. 3 Theoretical model

图4为模型的正演结果。从图4(a)可以看出,低阻异常在浅部表现出水平横向延伸的板状特点,低阻异常的顶部在AO/2约3 m处,水平延伸约20 m,并且在大约 $x=60$  m处左右两边高度对称,因此正演结果与实际模型的位置、形态、参数都是符合的,曲线光滑异常形态单一。

图4(b)和图4(c)为考虑了模型介质随机性的正演结果。由图可知,考虑介质随机性的正演结果总体上与不考虑的基本一致,均能很好地反映低阻体的异常形态,但整个拟断面图的异常形态较为复杂。例如图4(b)和图4(c)中 $x=28$  m处均出现了竖直条带低阻异常,图4(c)的 $x=85\sim 100$  m表现为低阻。这说明,介质的随机性对异常形态造成了一定的影响,从而对我们的解释产生了一些干扰;同时也说明随机介质的电性扰动可以通过观测和正演计算得到。

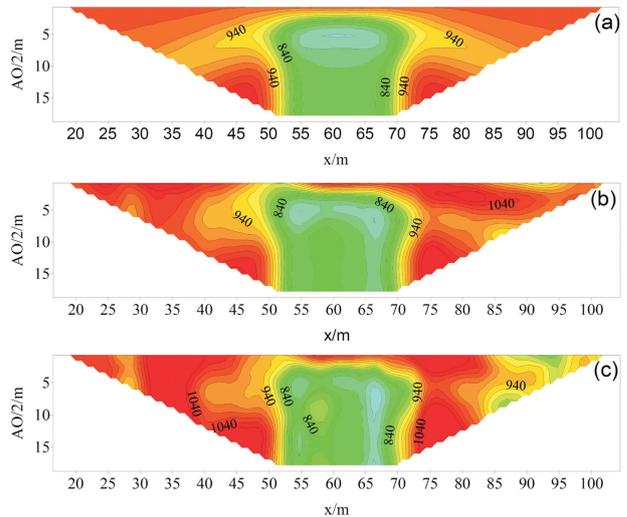


图4 理论模型视电阻率拟断面图

Fig. 4 Apparent resistivity pseudosections of theoretical models

#### 3.2 实际模型的正演计算

图5(a)为一实测的视电阻率拟断面图。该断面表层为浮土、耕植土以及其他第四纪土覆盖,中间层则为以圆砾石为主的含水层,基岩为灰岩。从钻孔zk13095(在图5(a)的50号点附近)的钻探结果显示,基岩面的深度约为7.5 m,约9 m深处有岩溶发育,岩溶的高度约为1 m,并被粘土充填。根据钻探结果、视电阻率及反演电阻率等资料,推断该剖面的地层结构如图5(b)所示。

根据图5(b)的推断结果,建立相应的地质电性模型(图6),模型参数如表2所示。分别对图6模型进行正演计算,得到图7所示的结果。

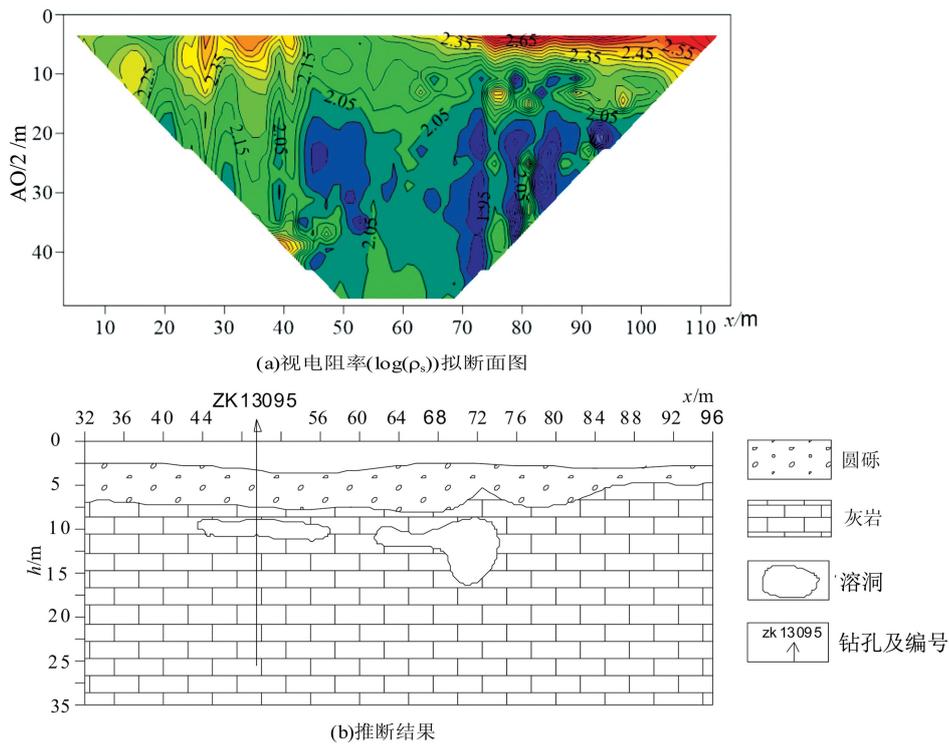


图 5 实测视电阻率拟断面图及推断结果

Fig. 5 Measured pseudosection of apparent resistivity and the interpreted geological section

表 2 实测地电模型参数

Table 2 Parameters of the interpreted geological models

	非随机介质模型				随机介质模型			
	第一层	第二层	第三层	溶洞	第一层	第二层	第三层	溶洞
$\rho/(\Omega \cdot m)$	500	300	1 200	200	500	300	1 200	200
$\epsilon$	0	0	0	0	0.2	0.3	0.14	0.35
$a/m$	0	0	0	0	20	10	20	3
$b/m$	0	0	0	0	3	4	10	3

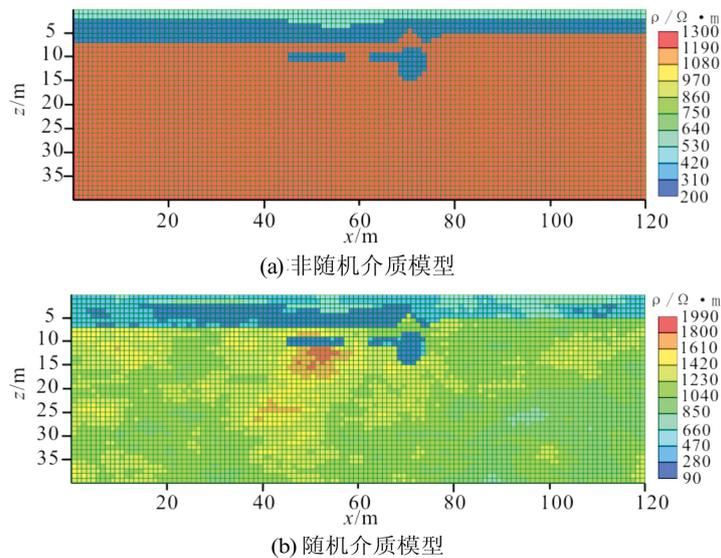


图 6 实测地电模型

Fig. 6 Measured geoelectric model

由图7(a)可以看出,在不考虑介质的随机性时,视电阻率异常形态呈规则的三层层状异常,视电阻率由上到下分别为中—低—高,不能明显地反映岩溶发育的局部异常。由图7(b)可以看出,当考虑介质的随机性时,视电阻率异常形态复杂得多。视电阻率异常形态虽然没有图7(a)的那么规整,但从整体上仍可以辩认出由上到下呈中—低—高的层状异常特征。在 $x=40\sim 50\text{ m}$ 以及 $x=60\sim 75\text{ m}$ 、 $AO/2$ 大于 $7.5\text{ m}$ 处均出现了下凹的低阻异常,这正是岩溶发育的异常反映。仔细分析还可以发现,图7(b)与图5(a)中无论反映层状地层的视电阻率异常形态还是反映岩溶发育的视电阻率异常形态均较为一致。

上述分析说明,图7(b)可以反映出图7(a)所不能反映的细节,随机介质模型所正演计算得到的视电阻率异常形态更接近实测结果。这是因为,岩溶发育区域的裂隙、空隙及其充填物成分、温度和压力等的不均匀性和随机性,必然造成了介质的电性参数在空间上呈随机分布特征,因此野外观测得到的视电阻率异常形态并没有图7(a)那么规整。并且在地下介质

的接触面附近,由于不同介质的相互作用,电阻率的变化不可能是一个突变过程而是一个渐变过程,而不同接触面处垂直接触面方向的变化梯度也具有一定随机性,因此现实中不存在一个严格的电性分界面,所以实测异常形态图5(a)不具备严格层状特征;当建模考虑介质的随机性时,接触带附近的电阻率均受到两边介质电阻率的影响,电阻率的过渡也具有渐变性,因此所得的异常形态与实际情况较为相符。这一点,可以解释为什么图7(b)能够反映岩溶发育位置,而图7(a)不行。主要因为邻近岩溶与围岩的接触面不可能规整和光滑,并且围岩本身不可避免存在裂隙或空隙,岩溶中的粘土、水等渗透到围岩中,使得电阻率大大地降低,造成低电阻率区域比岩溶发育区域大得多。不考虑介质的随机性时,按照钻探结果建立的模型大小可能与实际模型相符,但电阻率的影响范围比实际的要小得多。而采用随机介质建模,则考虑了岩溶对其周边围岩电阻率的影响,使得岩溶的电阻率影响范围比岩溶的实际尺寸大,因此能够得到可以清楚反映岩溶发育的异常形态,与实测异常较为一致。

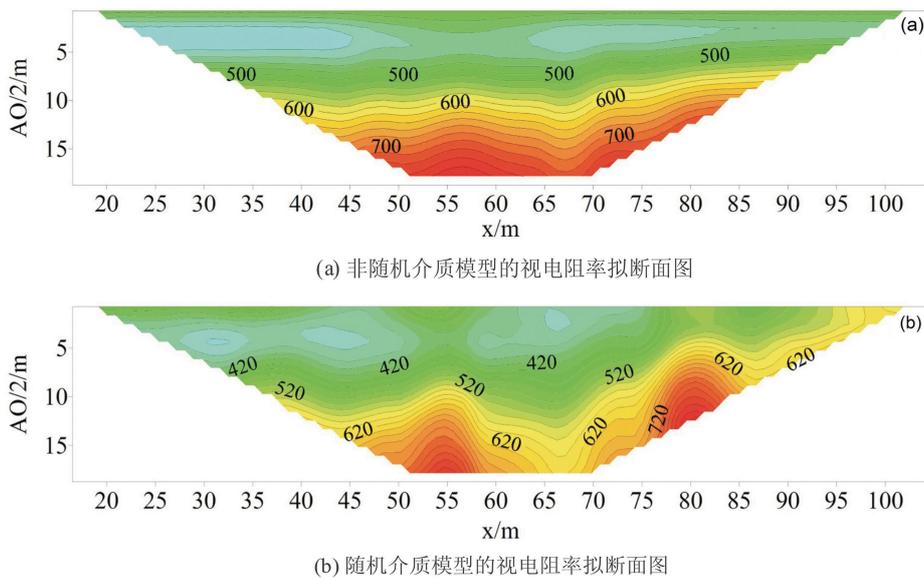


图7 实测模型的正演结果

Fig. 7 Forward modelling results of the measured geoelectric model

## 4 结论

(1) 采用二维指数型椭圆自相关函数的随机建模方法,可以真实地模拟岩溶地区介质电性的随机性,该方法具有使用方便、灵活的优点。

(2) 由于现实介质电性分布的随机性,正演计算中,采用随机建模是十分必要的。因为,一方面考虑

介质电性的随机性与实际的介质相符,可以很好地模拟实际岩溶地区的地电模型,使得后续的反演成像可以得到更接近实际的效果;另一方面,正演得到异常形态可以很真实地模拟野外的观测结果,有助于对复杂介质下的视电阻率异常形态的认识,以及对实测视电阻率异常的识别、分析和解释。

(3) 从正演模拟结果来看,介质电阻率的随机性

对视电阻率的异常形态会造成一定的影响。同时也说明,野外观测得到的视电阻率在一定程度上也反映了实际地电断面的不均匀性。

### 参考文献

- [1] 袁道先. 西南岩溶石山地区重大环境地质问题及对策研究[M]. 北京:地质出版社,2014.
- [2] 夏日元,蒋忠诚,邹胜章,等. 岩溶地区水文地质环境地质综合调查工程进展[J]. 中国地质调查,2017,4(2):1-10.
- [3] 姜振蛟,卞建民,查恩爽,等. 高密度电阻率成像法在水文地质领域中的应用[J]. 水文地质工程地质,2010,37(2):21-26.
- [4] 王刚,周启友,吴世艳,等. 基于高密度电阻率成像法的基岩裂隙网络原位识别试验研究[J]. 地质论评,2012,58(1):165-174.
- [5] 刘庭发,聂艳侠,胡黎明,等. 基于高密度电阻率法的水分迁移模型试验研究[J]. 岩土工程学报,2016,38(4):761-768.
- [6] 王冬青,闫长红,曹小红,等. ERT 在西北干旱区隐伏断裂探测中的应用研究[J]. 地球物理学进展,2016,31(4):1492-1498.
- [7] 刘松玉,边汉亮,蔡国军,等. 油水二相体对油污染土电阻率特性的影响[J]. 岩土工程学报,2017,39(1):170-177.
- [8] 孙亚坤,能昌信,刘玉强,等. 铬污染土壤电阻率特性及其影响因素研究[J]. 环境科学学报,2011,31(9):1992-1998.
- [9] 杨杨,唐建生,苏春田,等. 岩溶区多重介质水流模型研究进展[J]. 中国岩溶,2014,33(4):419-424.
- [10] Korn M. Seismic waves in random media[J]. Probabilistic Engineering Mechanics, 1993, 29(3):124-129.
- [11] Ikelle L T, Yung S K, Daube F. 2-D Random media with ellipsoidal autocorrelation functions[J]. Geophysics, 1993, 58(9): 1359-1372.
- [12] Ergintav S, Canitez N. Modeling of multi-scale media in discrete form [J]. Journal of Seismic Exploration, 1997;6(1): 77-96.
- [13] 奚先,姚姚. 二维随机介质及波动方程正演模拟[J]. 石油地球物理勘探, 2001, 36(5):546-552,654.
- [14] 奚先,姚姚. 随机介质模型的模拟与混合型随机介质[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2002, 27(1):67-71.
- [15] 奚先,姚姚. 非平稳随机介质模型[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(1):71-75,126.
- [16] 李灿苹,王南萍,李志宏. Von Karman 型自相关函数模拟随机介质[J]. 物探与化探, 2010, 34(1):98-102.
- [17] 陈可洋. 三维随机建模方法及其波场模拟分析[J]. 勘探地球物理进展, 2009, 32(5):315-320,307.
- [18] 殷学鑫,刘洋. 二维随机介质模型正演模拟及其波场分析[J]. 石油地球物理勘探, 2011, 46(6):862-872,1012.
- [19] 李红星,陶春辉. 双相各向异性随机介质伪谱法地震波场特征分析[J]. 物理学报, 2009, 58(4):2836-2842.
- [20] 郭乃川,王尚旭,董春晖,等. 地震勘探中小尺度非均匀性的描述及长波长理论[J]. 地球物理学报, 2012, 55(7):2385-2401.
- [21] 田仁飞. 随机介质和冲断构造带地震波场数值模拟及偏移成像研究[D]. 成都,成都理工大学,2008.
- [22] 郭士礼. 基于随机介质的高速公路探地雷达检测理论研究[D]. 武汉,中国地质大学,2013.
- [23] 马灵伟,顾汉明,赵迎月,等. 应用随机介质正演模拟刻画深水区台缘礁碳酸盐岩储层[J]. 石油地球物理勘探, 2013, 48(4):583-590,676.
- [24] 刘猛,束龙仓,刘波. 地下水数值模拟中的参数随机模拟[J]. 水利水电科技进展, 2005, 25(6):25-27.
- [25] 徐世浙. 地球物理中的有限单元法[M]. 科学出版社, 1994.

## Forward modeling of resistivity in random karst medium

LUO Runlin<sup>1</sup>, DENG Haipeng<sup>1</sup>, LI Yanan<sup>1</sup>, LIU Changyang<sup>1</sup>,  
PENG Cheng<sup>1</sup>, GAO Zhu<sup>2</sup>, ZHONGWei<sup>1</sup>

(1. College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541004, China;  
2. Guizhou University of Engineering Science, Bijie, Guizhou 551700, China)

**Abstract** The distribution of electrical resistivity in karst area is of great uncertainty, due to the complex of underground karst features. Sometimes, the traditional forward modeling methods can not meet the needs of karst detection. In order to truly describe the electrical characteristics of karst media, a method to construct random medium model based on spectral factorization theory of stochastic process was proposed in this paper, and some stochastic geoelectric models in karst area were established. The forward theoretical calculation and measured geoelectric models showed that the random medium model could simulate the actual geoelectric structure more effectively, and the forward modeling results were closer to the measured abnormal character. Therefore, it is necessary to use the random medium model in forward modeling of resistivity in karst area. On one hand, it helps to understand the anomaly, on the other hand, the random medium can better simulate the geoelectric phenomenon in karst area

**Key words** random medium model, resistivity, Finite Element Method (FEM), karst medium

(编辑 张玲)