

文章编号: 0258-7106 (2004) 03-0405-06

铜陵矿集区浅层隐伏岩体预测及其形态分析*

王庆飞¹ 邓军¹ 黄定华² 张强¹

(1 中国地质大学“岩石圈构造、深部过程及探测技术”教育部重点实验室, 北京 100083;

2 中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074)

摘要 作者通过分析不同地形-地质界面间的差值域分布特征,对浅层隐伏岩体进行了数值模拟和产状预测。模拟结果显示铜陵矿集区有可能存在着一个顶点朝下的圆锥状岩浆构造,从整体上看,该隐伏岩体在深处收缩为一个点源,从该点源往上分布范围逐渐扩大,岩体也开始发生分叉现象,使靠近或出露于地表的分支岩体在产状上更接近于小型岩枝。推断它有可能是连接深-浅部之间的岩浆“汇”,该岩浆“汇”将来自更深部岩浆源的含矿物质和热能转送到更浅部的各分叉岩枝内,并因此成为铜陵矿集区成矿物质的重要来源和能量来源。

关键词 地质学 铜陵地区 隐伏岩体 差值域 数值模拟 三维结构

中图分类号: P628+.3

文献标识码: A

铜陵地区是长江中下游多金属成矿带中的重要矿集区之一,其大地构造位置处于扬子板块中部偏北,与大别造山带毗邻(常印佛等,1991;彭聪等,1998;翟裕生等,1999)。该区的成矿作用与浅部以岩枝或岩墙形式存在的岩体密切相关(吴言昌等,1999;唐永成等,1998;邓晋福等,2002; Wang Q F et al., 2002; Deng J et al., 2004)。铜陵矿集区深部地质情况和成矿信息历经解剖,已有大量深入的研究成果。多方面资料证实,该区存在浅层隐伏岩体,如已有重磁资料(吕庆田等,2003)显示铜陵矿集区中部存在一隐伏岩体(图1)。从本研究所作的遥感影像解译结果发现,在铜陵矿集区中部有一大型环形构造和放射状线性构造组合,其长轴(北东方向)约10 km,短轴(北西方向)近8 km,分布面积约50 km²(图2),该特殊构造组合也同样隐示了深部隐伏岩体的存在。虽然物、化探和遥感手段都可以在一定精度内预测隐伏岩体的存在,但其结论往往具有多解性,难以一锤定音。更为重要的是,以上述方法进行预测时,岩体的平面形态易得,而三维产状难定。因此,铜陵矿集区浅层隐伏岩体是否存在还需进一步论证。另一方面,由于隐伏岩体边缘存在狮子山、凤凰山、新桥等3大矿田,所以隐伏岩体如果

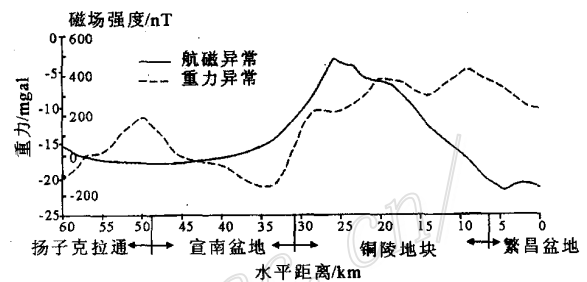


图1 铜陵地块及其临区布格重力及航磁异常
(据吕庆田等,2003)

Fig.1 The Bouguer gravity anomaly and aeromagnetic anomaly in Tongling and neighboring areas
(after Lü et al., 2003)

存在,其三维形态,与地表岩枝-岩墙系的空间关系(图3)等问题就成为关注的焦点。本文通过分析不同地形-地质界面间的差值域分布特征,不但进一步证实了隐伏岩体的存在,也对地壳浅部岩株-岩枝组合的空间结构进行了探讨。

1 研究思路与方法

在一定深度范围内,模拟地层与模拟地形之间,

* 本文得到国土资源部科技专项计划(编号:20010103)、教育部科学技术研究重点项目(编号:03678和01037)、国家自然科学基金重点项目(批准号:40234051)和国家重点基础研究发展规划项目(编号:1999043206)的共同资助

第一作者简介 王庆飞,男,1978年生,在读博士研究生,矿床学专业。

收稿日期 2004-03-23;改回日期 2004-06-30。李岩编辑。

或两套模拟地层之间的差值域,可视作岩体或其他地质流体的充填空间。所以,可以通过模拟不同地形-地质界面,发现它们间的差值域,以预测隐伏岩体或其他地质流体的存在(图4)。

相应的数值模拟步骤如下:①选取隐伏岩体的可能赋存区(潜在成矿远景区);②利用实测地形与地层数据,选用数学模拟软件,进行地层曲面和地形曲面的模拟;③通过模拟结果寻找界面间的差值域;④与其他方法获得的信息进行比较验证,确认是否有隐伏岩体存在;⑤分析隐伏岩体的空间分布及产

状特征。

实际模拟采用了 Surfer 和 Matlab 两套计算机软件中的部分 3D 功能模块,并自编程进行了数据录入、插值和数据格式转换等前期数据处理工作。模拟过程中还针对因数据不同而出现的地层曲面起伏过大、峰值尖锐等形态失真问题,进行了应用软件的功能补充与修正。

2 隐伏岩体的数值模拟与预测

2.1 狮子山矿田含矿岩体的数值模拟

狮子山矿田位于铜陵矿集区中部,是区内最重要的矿田之一,主要由老鸦岭矿床、大团山矿床及若

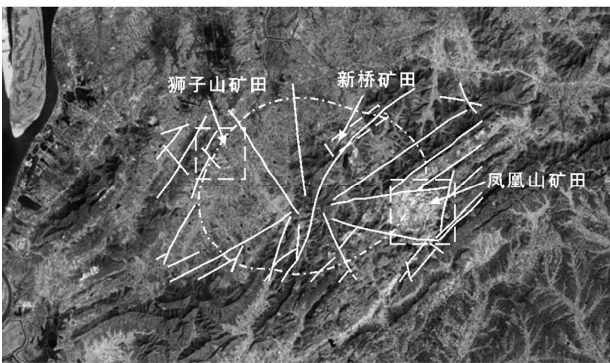


图2 铜陵地区的环形与放射状线性构造组合示意图(底图为 TM 多波段合成结果图。图中虚线为解译的环形构造,实线为断裂构造)

Fig.2 The assemblage of ring and radial linear structures in Tongling area
(The base map is the composite of multiwave TM images. The dash line represents the inferred ring structure whereas the solid line indicates the fractural structure)

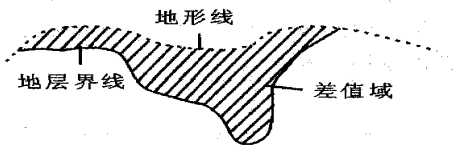


图4 剩余空间法示意剖面

虚线所示地形线与实线所示地层界线之间的阴影部分即正文述及的剩余空间。它有可能是岩体或其他地质流体侵入后的空间表现。在两套变形地层之间的剩余空间,也存在着类似的可能

Fig.4 Profile constructed by Surplus Space Method
The shadow area represents the surplus space, which may be the spatial state after the filling of magmatic bodies and other geologic fluids. Similar possibility for presence of surplus space may also arise between two sets of deformed strata

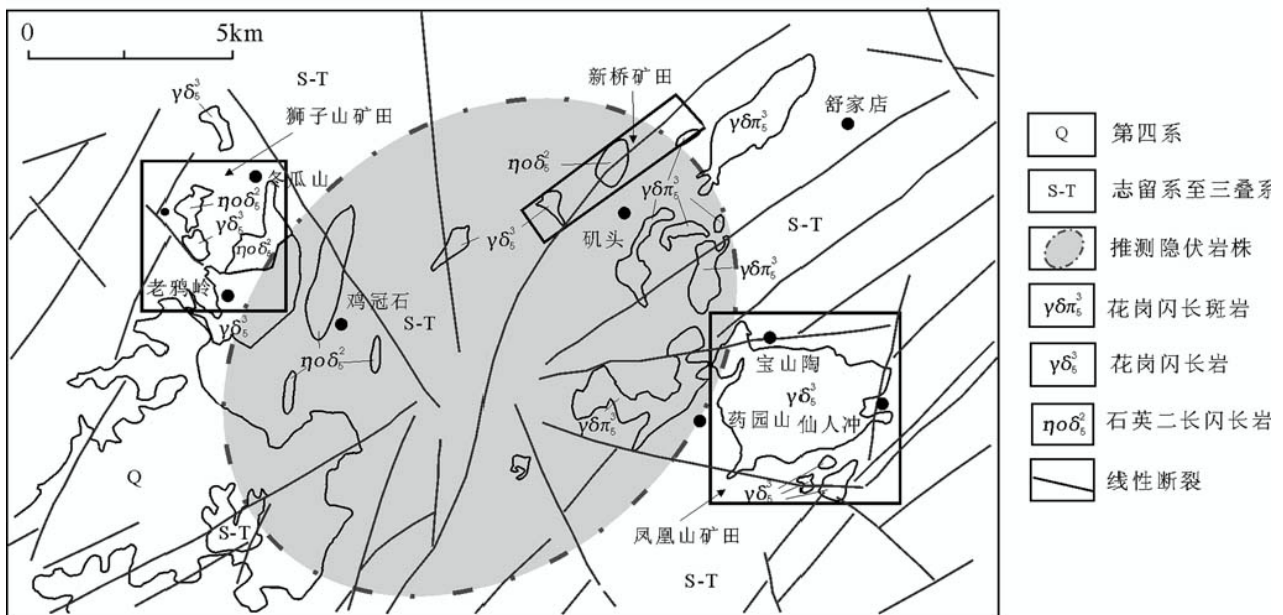


图3 铜陵矿集区浅层隐伏岩体示意图

Fig.3 Generalized geological map of the subsurface concealed magmatic body in Tongling area

零星分布的小型矿床和矿体组成。矿床多赋存于地表出露的小型中酸性岩枝边缘,也有部分矿体以岩体内部的捕虏体形式出现。笔者首先以变形后的下三叠统为对象,在钻孔剖面采集相关数据(表 1),并以 1:5 万地形地质图上相关部位的地形和地层产状为参考,作了产状修正。然后对其地层形态进行了模拟(图 5)。模拟结果发现:在与老鸦岭和大团山 2 个矿床对应的出露部位之下,分布着 2 个隐伏的漏斗形构造,它们在平面上显示为 2 个小型凹陷(图 5a),在剖面上为一大一小 2 个独立分布的锥状构造(图 5b)。其中,东部的锥状构造垂向延伸略深于 - 500 m,西部的锥形构造自顶部向下延伸仅 200 m 左右。考虑到这一地层模拟曲面已包含了地层变形

所产生的褶皱起伏变化,在与地表地形景观作了空间对应的对比分析后(在地质图和钻孔剖面上都可以发现狮子山南北两侧存在着小岩体,其岩性相似且形成时间相近),推断这 2 个凹陷有可能是出露于该处地表且向地下浅部延伸的两个含矿岩枝。

2.2 浅层隐伏含矿岩体的数值模拟

狮子山矿田的初步模拟结果揭示了该处存在地下隐伏岩体的可能。为进一步了解后者在更大范围和更大深度内的分布特征,本研究利用分布于全区的多个钻孔剖面资料,进行了全区尺度的数值模拟(部分数据列于表 1 和表 2)。模拟获得的地层曲面的空间结构明显复杂化,主要包括 3 个各自向下收敛的复式锥体(图 6b)。如前所述,同理可以认为复

表 1 狮子山矿田下三叠统顶面深度

Table 1 The top surface depth of the Lower Triassic strata in the representative boreholes of the Shizishan orefield

钻孔编号	功率网格		高度/ m	钻孔编号	功率网格		高度/ m
	横坐标	纵坐标			横坐标	纵坐标	
IV-3	582.04	3413.75	75	XV-10	591.41	3423.30	- 350
V-1	581.00	3417.28	175	XVI-1	586.80	3431.05	- 575
V-2	581.19	3417.09	130	VIII-1	582.57	3420.76	50
VI-1	581.87	3418.44	- 75	VIII-2	582.67	3420.67	30
VI-2	581.25	3418.05	175	VIII-3	582.76	3420.58	50
VI-3	581.37	3417.93	110	VIII-4	582.90	3420.47	75
VI-4	581.49	3417.80	100	VIII-5	583.00	3420.35	100
VI-5	581.63	3417.67	100	IX-1	580.94	3423.67	75
VI-6	581.77	3417.52	25	IX-2	583.31	3421.67	130
VI-7	584.82	3414.51	- 100	IX-3	583.44	3421.55	150
XII-1	582.08	3418.18	50	IX-4	583.63	3421.40	140
XII-3	582.29	3417.97	25	IX-5	583.73	3421.32	110
XII-4	582.38	3417.87	50	IX-6	583.84	3421.21	50
XII-5	582.60	3417.83	50	IX-7	584.00	3421.07	- 100
XII-6	582.70	3417.58	100	IX-8	584.20	3420.91	- 575
XII-7	583.16	3417.12	- 150	X-1	581.79	3424.42	25
XII-1	582.95	3426.30	- 25	X-2	583.89	3422.70	80
XII-2	584.45	3424.83	- 400	X-3	584.00	3422.59	50
XII-3	584.74	3424.54	- 250	X-4	584.09	3422.49	50
XII-4	585.09	3424.19	0	X-5	584.15	3422.40	75
XII-5	585.21	3424.07	0	X-8	584.53	3422.05	- 100
XII-6	585.33	3423.94	0	X-9	584.64	3421.96	- 150
XII-7	585.43	3423.82	- 200	X-10	584.73	3421.87	- 200
XIII-1	583.69	3426.97	0	X-11	584.80	3421.78	- 275
XIII-2	585.13	3425.52	- 250	X-12	585.96	3420.63	- 700
XIII-3	585.19	3425.15	0	XI-1	584.49	3423.29	50
XIII-4	585.84	3424.77	0	XI-2	584.60	3423.19	25
XIV-1	584.58	3428.00	0	XI-3	584.73	3423.05	25
XIV-2	590.35	3422.43	0	XI-4	584.87	3422.93	25
XV-1	585.49	3429.06	0	XI-5	585.01	3422.79	50
XV-2	587.32	3427.29	- 125	XI-7	585.18	3422.61	- 50

钻孔数据收集于安徽省 321 地质队资料室。

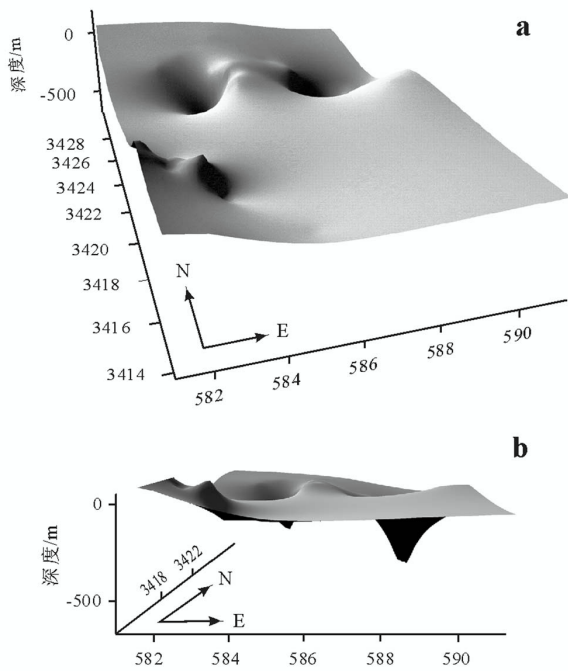


图5 狮子山矿田下三叠统模拟图像

图a为半俯视图,图b为正视图;X、Y轴示三维功率网格;取样间隔为每平方公里1个数据。图6同。

Fig.5 Lower Triassic simulated image of the Shizishan orefield
Figure a and b represent semi-top and front view respectively. The axis of X, Y indicate 3-D power grid. Sample interval is one datum per square kilometer (the same fig.6)

表2 铜陵地区代表性区域钻孔中下三叠统顶面深度
Table 2 The top surface depth of the Lower Triassic strata in the representative boreholes of Tongling area

钻孔编号	功率网格		高度/m
	横坐标	纵坐标	
ZK215	581.06	3417.39	150
ZK718	583.91	3421.20	-140
ZK85	574.47	3411.87	0
ZK7918	585.20	3423.47	-40
ZK1101	578.81	3414.96	70
ZK503	584.18	3422.34	40
ZK3614	584.06	3421.43	-100
ZK339	584.73	3421.53	-380
ZK43	585.13	3422.75	-50
ZK201	581.20	3424.01	10
ZK512	576.35	3421.00	50

钻孔数据收集于安徽省321地质队资料室。

式锥体(即地层曲面与近水平地形面间的差值域)也应是一个隐伏岩体所占空间的反映。其中东边与狮子山矿田对应的一个复式锥体规模最大,中间和西

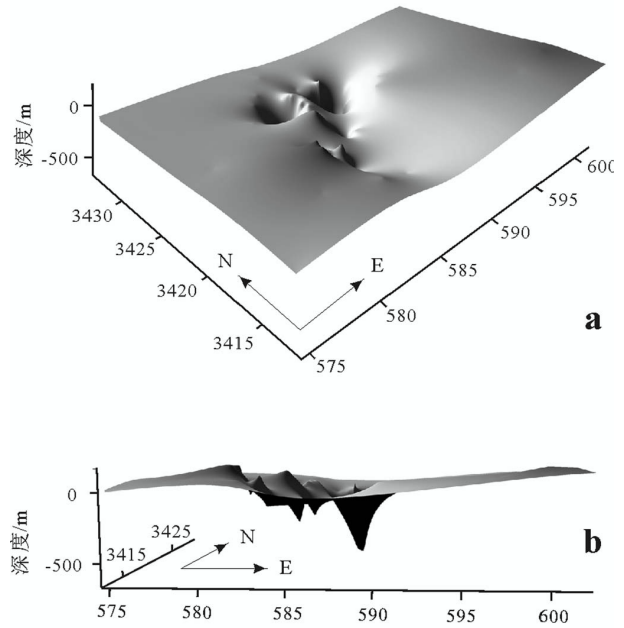


图6 铜陵地区浅层隐伏岩体加权模拟图像

对隐伏岩体赋存区即狮子山和新桥矿田一带加密了数据点
Fig.6 The weighted simulation image of the subsurface concealed magmatic bodies

The number of simulation data is increased for special areas (such as the Shizishan and Xinqiao orefields) where concealed magmatic bodies are likely to occur

边的两个较小。三者的延伸深度也各不相同,中间和西边的两个在-500m以内即已收敛终止,东边的一个锥尖下延最深。这一结果反映更深的岩浆通道或岩浆源应该在隐伏岩株以东。

在狮子山矿田,发现原本显示为两个独立体的小型岩枝,在更大范围和深度内合为一体,形成一个规模更大和统一的漏斗状构造(图6a)。虽然在模拟地层曲面的起伏和几何形态上与狮子山矿田的模拟结果有所出入,但其空间结构仍然是一致的,如前图中的3个突起点在图5中依然存在,且可与狮子山矿田的地表景观进行对比。

不仅如此,在全区尺度下,模拟结果与遥感影像解译得到的环形构造(图2)虽然在方位上略有北移,但在规模和形态上却十分接近,故两者具有较好的可比性。这也从一个侧面验证了模拟结果的可信程度。

3 结论与讨论

结合区域重磁资料、卫片解译结果和数值模拟

分析,笔者认为在铜陵矿集区的中部有一浅层隐伏岩株存在。其在深处收缩为一个点源,从该点源往上分布范围逐渐扩大,岩体也开始发生分叉现象,使靠近或出露于地表的分支岩体在产状上更接近于小型岩枝。该隐伏岩体有可能是连接深-浅部之间的岩浆“汇”,它将来自更深部岩浆源的含矿物质和热能转送到更浅部的各分叉岩枝内,并因此成为铜陵矿集区成矿物质的重要来源和能量来源。

尽管数据之间的耦合成像效应较为明显,一个参数的小范围波动或一个坐标点数据的增减,对周围图形的几何形态都有一定影响,但在是否存在“差值域”的问题上,由于其空间整体结构是相对稳定的,因此结论是可信的。数值模拟尝试的结果表明,利用差值域三维结构分析的方法来预测隐伏岩体并分析其空间结构,在理论上是可行的,在技术上也是可以实现的。因此,如果对其功能和稳定性作进一步的调整和完善,相信它有可能发展成为一种新的快速探测手段,并应用于与隐伏地质体预测相关的研究领域。

References

- Chang Y F, Liu X P and Wu Y C. 1991. The Cu, Fe metallogenic belt in the middle-lower reaches of Yangtze River[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 379 (in Chinese).
- Deng J, Huang D H and Wang Q F. 2004. The formation mechanism of the “drag depressions” and the irregular boundaries in intraplate deformation [J]. *Acta Geologica Sinica*, 78(1): 267 ~ 272.
- Deng J F, Dai S Q, Zhao H L, et al. 2002. Recognition of magmatic-fluid-metallogenic systems and subsystems in Tongling Cu-Au(Ag) ore-forming area[J]. *Mineral Deposits*, 21(4): 317 ~ 322 (in Chinese with English abstract).
- Lü Q T, Hou Z Q, Zhao J H, et al. 2003. Deep seismic reflection profiling reveals complex crustal structure of Tongling ore district, the middle and lower Changjiang metallogenic belt in east central China [J]. *Sci. in China*, 46(5): 442 ~ 449 (in Chinese).
- Peng C and Zhao Y M. 1998. Deep geophysical background and distribution of auriferous skarn deposits in the middle and lower Yangtze valleys and neighboring areas[J]. *Physical Exploration and Chemical Exploration*, 22(3): 175 ~ 182 (in Chinese with English abstract).
- Tang Y C, Wu Y C and Chu G Z. 1998. The polymetal deposit geology of Cu and Au in the region along the river of Anhui[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 351 (in Chinese).
- Wang Q F, Deng J, Hou Z Q, et al. 2002. Some important advances in study of Tongling deposit concentrating area[J]. *Mineral Deposits*, 21(Supp.): 480 ~ 483 (in Chinese).
- Wu Y C, Cao F Y and Chang Y F. 1999. A preliminary study on the deep-seated structural-magmatic control over the metallogenic system around the Yangtze River reaches in Anhui Province[J]. *Earth Science Frontiers*, 6(2): 285 ~ 296 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Y S, Yao S Z, Zhou Z G, et al. 1999. Research on orefield tectonics of copper and gold deposits in the middle-lower reaches of the Yangtze River[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press. 1 ~ 195 (in Chinese).
- Zhai Y S, Deng J and Li X B. 1999. Essentials of metallogeny[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 287 (in Chinese).

附中文参考文献

- 常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 1991. 长江中下游铜铁成矿带[M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 379.
- 邓晋福, 戴圣潜, 赵海玲, 等. 2002. 铜陵 Cu-Au-(Ag) 成矿区岩浆-流体-成矿系统和亚系统的识别[J]. *矿床地质*, 21(4): 317 ~ 322.
- 吕庆田, 侯增谦, 赵金花, 等. 2003. 深地震反射剖面揭示的铜陵矿集区复杂地壳结构形态[J]. *中国科学*, 46(5): 442 ~ 449.
- 彭 聪, 赵一鸣. 1998. 长江中下游及其邻区深部地球物理背景与含金夕卡岩矿床的分布[J]. *物探与化探*, 22(3): 175 ~ 182.
- 唐永成, 吴言昌, 储国正, 等. 1998. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 351.
- 王庆飞, 邓 军, 侯增谦, 等. 2002. 铜陵矿集区成矿作用研究进展[J]. *矿床地质*, 21(增刊): 480 ~ 483.
- 吴言昌, 曹奋扬, 常印佛. 1999. 初论安徽沿江地区成矿系统的深部构造-岩浆控制[J]. *地学前缘*, 6(2): 285 ~ 296.
- 翟裕生, 姚书振, 周宗桂, 等. 1992. 长江中下游铜金矿床矿田构造[M]. 武汉: 中国地质大学出版社. 1 ~ 195.
- 翟裕生, 邓 军, 李晓波. 1999. 区域成矿学[M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 287.

Prognosis and Morphological Analysis of Subsurface Concealed Magmatic Bodies in Tongling Ore Concentration Area

Wang Qingfei¹, Deng Jun¹, Huang Dinghua² and Zhang Qiang¹

(1 Key Laboratory of Lithospheric Tectonics and Exploration of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract

The gravity aeromagnetic anomaly and the specific structural assemblage shown in TM images indicate the existence of a shallow concealed magma chamber in the center of Tongling area. Nevertheless, the 3D shape of the concealed magma chamber and its spatial relation with the outcropped apophyses are still not clear. Based on field and drill hole data obtained from Tongling area, the authors carried out a numerical simulation to probe into the difference domain between two strata or between the strata and the topographic surface. Moreover, the difference domain that represents the space filled with the magmatic body was applied to predict the subsurface concealed magmatic bodies and analyze their spatial structures. The results of the numerical simulation show the existence and the 3D shape of a hidden conical magmatic structure beneath the middle of this area. Its top bifurcates southwards into several branches, while its lower part stretches northeastwards and contracts rapidly to one point. This point is considered to be the "sink" of the concealed magmatic system, which transfers ore materials and heat energy from the deeper magma chamber to the subsurface apophyses.

Key words: geology, Tongling area, concealed magmatic body, numerical simulation, 3D structure

<http://www.kcdz.ac.cn/>