

三维可视化及物探新技术在矿山接替资源 勘查中的应用

——以铜陵狮子山矿田为例

严加永^{1,2)} 吕庆田¹⁾ 孟贵祥¹⁾ 朱晓颖¹⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037;

2) 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100052

摘要 在矿山发现和勘查过程中往往积累了大量地质、物探等资料,随着地质体三维可视化和物探新处理方法的发展,利用这些方法对已有资料进行深度挖掘与开发可以提炼出新的有利找矿的信息,避免工作量的重复投入,可为矿山接替资源勘查提供有力的技术支持。本研究以铜陵狮子山矿田为例,收集了其勘探阶段积累下来的地质钻探及物探资料,采用地质体三维可视化建模技术对这些资料进行了二次处理,建立了冬瓜山铜矿的三维矿床模型。在可视化环境下,分析了矿体与各成矿地质要素之间的关系,结合新处理方法对已有重磁资料再处理获取的信息,圈定出了寻找同类矿床的靶区—前冲靶区,并采用EH-4等物探方法进行了验证,通过钻探验证表明,采用三维可视化、物探处理新方法对已有资料进行深度挖掘与开发,不但可以为矿山接替资源勘查提供找矿信息,还能节约大量时间和资金。

关键词 三维建模;接替资源;深度挖掘与开发;物探新技术

中图分类号:P631

文献标识码:A

文章编号:1006-3021(2008)01-116-05

Application of 3D Visualization Technique for Ore Deposit and New Geophysical Technology to the Exploration of Mine Substitution Resources: A Case Study of the Tongling-Shizishan Ore Field

YAN Jiayong^{1, 2)} LÜ Qingtian¹⁾ MENG Guixiang¹⁾ ZHU Xiaoying¹⁾

1) Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037;

2) Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100052

Abstract Large quantities of geological and geophysical data are usually accumulated in the course of mine exploration. With the development of the 3D visualization technique for geological bodies and the new data-processing method for geophysics, these data can play an important role in the substitution resource exploration through refining usable information from the old data, thus avoiding repeated work. With the Tongling-Shizishan ore field as a study area, the authors collected the geological and drilling data accumulated in various exploration phases and adopted 3-D visual geological body modeling method to set up its 3-D deposit model. The relationships between geological attributes and ore bodies were analyzed under a visual environment. Based on the analytical results, the authors delineated a new target area called Qianchong in search for the same type of ore deposits, and this discovery was later verified by such geophysical methods as the EH-4 technique. The drilling results have proved that the re-exploitation of old data can not only provide more information for substitution resource exploration but also save funds and time.

Key words 3D model technology; substitution resources; digging and exploitation at depth; new geophysical technique

本文由中央级公益性科研院所科研业务费专项资金(编号:K2007-4-3)与国家十一五支撑计划项目立体地质填图、流体填图技术与深部成矿预测示范研究(编号:2006BAB01B01)联合资助。

收稿日期:2007-01-17;改回日期:2007-05-18。责任编辑:刘志强。

第一作者简介:严加永,男,1977年生,博士研究生,助理研究员,从事地球探测与信息技术工作,通信地址:100037北京市西城区百万庄大街26号,电话:010-68999044, E-mail: yanjy@163.com。

随着人们对矿产资源的需求日益扩大,我国一大批矿山却面临着严重的资源危机,解决矿山资源危机的根本是加大矿山周边和矿山深部的找矿工作(左仁广 2005; 闫卫东等 2006)。另一方面,一个矿山发现及开采前期大都需要经过大量的勘探,积累了大量的地质、钻探及物探等资料。从矿山的开采到资源减少的过程中,地质体三维可视化技术和物探数据处理方法也在发展进步,利用这些新的方法技术对同一资料进行处理,可以从中发现更多以往技术条件下发现不了的相关成矿信息。

狮子山矿田是铜陵矿集区最为重要的铜矿区,其成矿地质背景、控矿因素、矿化特征等方面,在整个长江中下游地区具有一定的代表性(常印佛等, 1991),在其周围分布有 20 多个大、中、小型的硫铁、铜、金矿床,整体上构成了“众星捧月”式的矿集区(图 1)。在狮子山矿田中,又以隐伏的冬瓜山大型铜矿最具特色,主矿体埋深在 680 m 至近 1000 m(李红阳等 2006),查明该矿床的成因,势必对其外围矿床的发现及矿山接替资源的勘查产生重要意义。

地下真三维可视化建模技术是近几年发展起来的一门新技术,它具有形象、直观、准确、动态、信息丰富等特点(修群业等 2005)。因此,其在指导地质找矿方面具有非常重要的实用价值。利用三维地质体建模软件,制作出了铜陵冬瓜山三维矿床模型,探讨了形成矿体的容矿层位、矿体与地层空间关系,结合利用新方法对重磁资料再处理获取的信息,为接替资源勘查提供了重要理论支撑和技术支持。

1 三维矿床模型的建立

1.1 矿床模型建立软件简介

Micromine 是澳大利亚 Micromine 国际矿业软件有限公司开发的大型专用矿业软件。软件以模块化构建,共有 7 个模块(陈爱兵等 2004),本研究使用其三维建模模块 KANTAN 3D 构建冬瓜山三维立体矿床模型。

1.2 资料收集与数据预处理

在狮子山矿田的发现勘探过程中,积累了大量地质、物探及钻探资料,这些资料大都以纸介质保存,因此需要对这些资料进行 2 次处理。首先,把收集到的地质勘探线剖面扫描到计算机中,通过 Core-draw 等软件对其进行数字化,形成矢量地质剖面图后保存为 Micromine 软件能识别的 CAD 文件格式;然后,对钻孔柱状图重新取数,根据不同深度对应不同属性(包括岩性、化学元素含量等)规则,建立了包

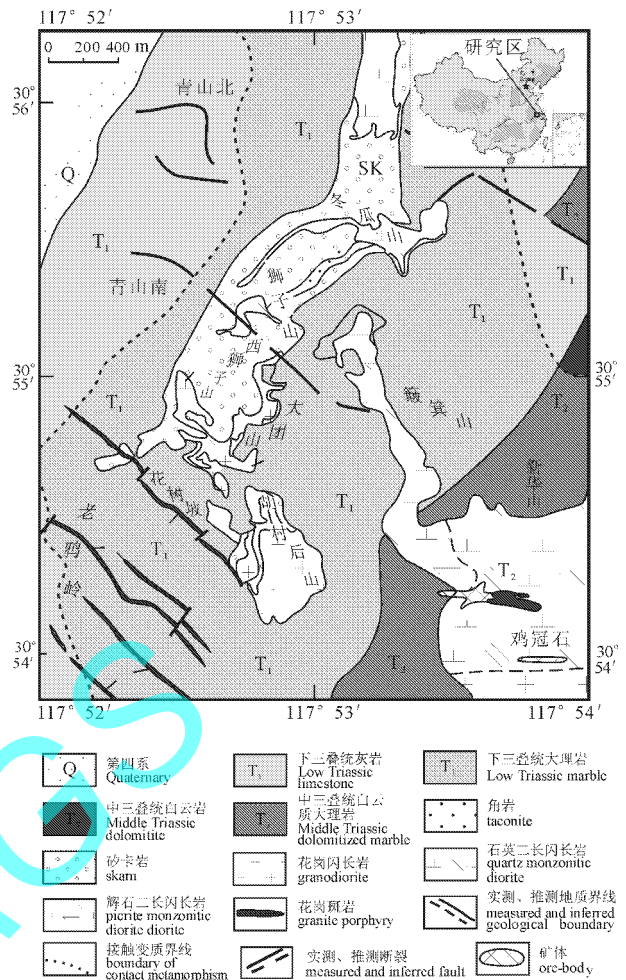


图 1 狮子山矿田区域地质矿产图(据曾普胜等 2005 修改)

Fig. 1 Regional geology and mineral resources map of the Shizishan ore field(modified from Zeng et al., 2005)

含“定位表”、“测斜表”、“岩性表”和“样品表”4 个表的钻孔数据库,最后,收集矿区地形数据,形成数字地形表明模型数据(DTM),并将其坐标系统转换成与剖面、钻孔数据一致的坐标系统。

在矿体三维模型中,一共收集处理了 32 条勘探剖面,64 个钻孔和 1 幅 1:5 万的 DTM 数据。

1.3 矿床三维实体模型的制作

在 Micromine 软件下建立三维矿床模型的步骤是:将处理后的地质勘探线剖面和钻孔数据库文件导入到软件中,根据他们的坐标调整好位置,在钻孔数据的约束下根据矢量化后的地质勘探线剖面,使用线框(Wireframe)建模法进行矿体实体模型的建立,即把相邻剖面上具有相同层位的点用线连接起来,形成一系列的多边形,然后把把这些多边形在三维空间拼接起来形成一个多边形网格,以此来模拟层位和矿体边界及空间形态。当实体为独立矿体时,

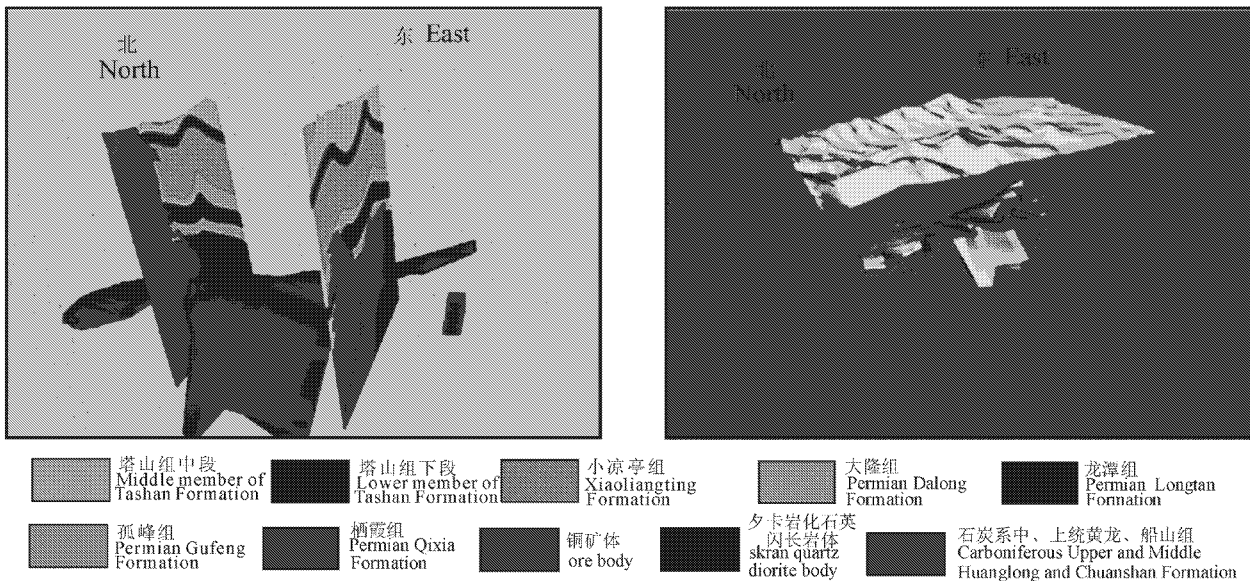


图2 冬瓜山铜矿容矿地层三维立体图

Fig. 2 Three-dimensional map of ore-bearing strata in the Dongguashan copper mine

按地质上常用的内插和外延规则,使矿体向两边尖灭,将DTM数据导入软件平台中,叠加到矿床模型上面,对模型中的各个实体添加不同的颜色标识,对DTM进行渲染,再对坐标形式和背景进行适当调整。至此,完成矿床的实体建模。

2 三维可视化环境下的成矿要素分析

在三维可视化环境下,将铜陵冬瓜山铜矿的矿床模型以立体形式表现出来,进行人机交互分析,可以从任意角度和方向对矿床进行分析,也可以从任意方位进行切片分析(Slice Analysis),极大的方便了分析矿床成因与各地质要素之间关系,进而可以预测并发现新的赋矿部位。

2.1 地层及其与成矿关系分析

2.1.1 容矿层位

通过冬瓜山铜矿容矿地层三维立体图(图2),直观生动的说明了自下而上主要贮矿层位有:中、上石炭统黄龙、船山组(C_{2+3}),上二叠统大隆组(P_{2d}),下三叠统小凉亭组(T_{1x}),下二叠统栖霞组(P_{1q}),下三叠统塔山组(T_{1t})和中三叠统南陵湖组(T_{2n})。次要容矿层位有:下二叠统孤峰组(P_{1g})和下二叠统龙潭组(P_{2l})等。综合前人资料(吴才来等,2003),初步认为在冬瓜山矿区,石炭系上统和三叠系下统是形成中—大型的铜(铁)矿床的主要层位,且该层位延伸稳定。

2.1.2 地层、岩性的控矿作用

通过在三维矿床模型中的综合可视化分析发

现,介于下石炭统砂页岩与下二叠统栖霞组厚层灰岩之间的白云质灰岩、白云岩、石灰岩,夹于上二叠统龙潭组硅质页岩之间的硅质灰岩和下三叠统中夹于钙质页岩之间的条带状泥质灰岩等均较上、下岩层利于矿化。反过来,这些上、下层的砂页岩、钙质页岩、变质后的角岩层都不利于矿化,但起到屏蔽作用,使矿体沿其夹层进行富集。就岩性来说,以中—细粒钙铁石榴子石砂卡岩及含透辉石铁铝石榴子石砂卡岩利于矿化。

2.2 褶皱构造与成矿特征分析

通过对冬瓜山铜矿主矿体与褶皱关系示意三维立体图(图3)综合分析发现,背斜轴部以及南东翼次一级的小褶皱及小穹窿构造,易于矿液流通,在一定圈闭条件下堆积成矿。青山背斜表现最明显,是隐伏基底断裂构造在盖层褶皱过程中表现的构造,具有重要的控岩控矿作用。五贵桥—严冲—焦冲—狮子山等几处抬起部位,均有中基—中酸性岩体侵入,并有宽窄不一、强度不同的接触变质带存在,是已知矿床、矿(化)点的所在位置。

褶皱倾伏转折端是最重要的控岩控矿构造,它是剪切、引张、破碎、层间虚脱强烈的地段,也是构造弱化带。是容易被岩浆侵入和矿液运移、沉淀的场所。从大尖山—瓦窑山脚为隆起最高处,由此分别向NE和SW两个方向逐渐倾伏,对中石炭统黄龙组底面来说,其倾伏转折端在统井冲和北傍山两地,前者为冬瓜山大型铜矿,后者在倾伏端栖霞组层位

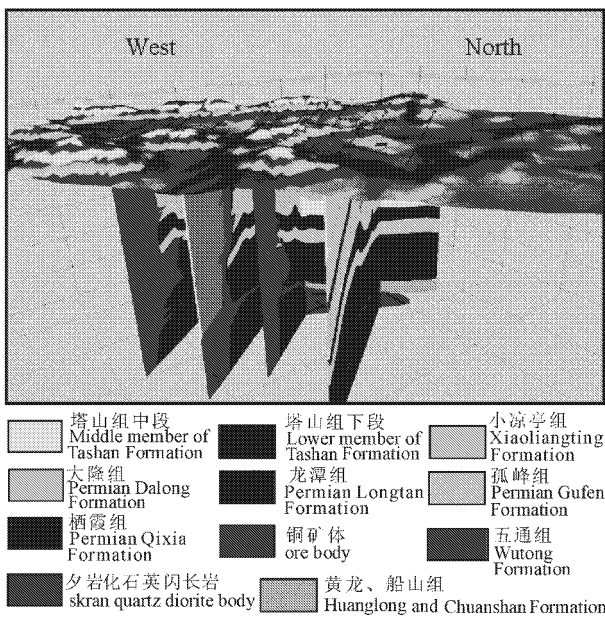


图 3 冬瓜山铜矿主矿体与褶皱关系三维立体图

Fig. 3 Three-dimensional diagram showing relationship between main ore body and fold in the Dongguashan mine

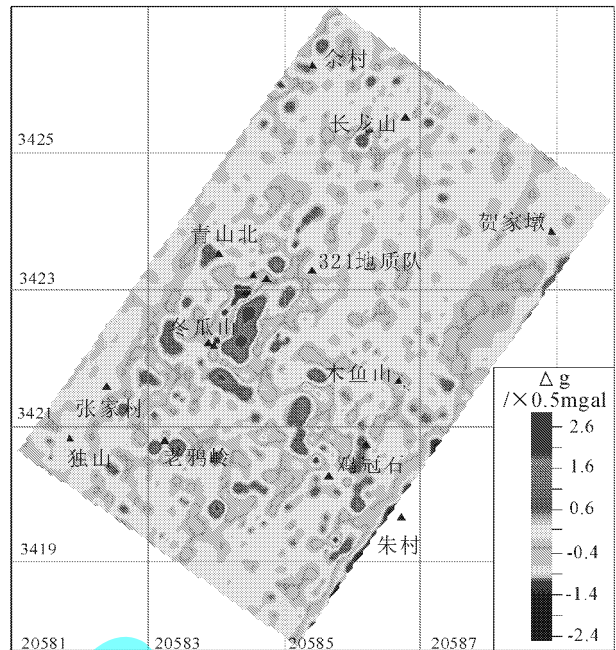


图 4 铜陵狮子山矿田剩余重力异常

Fig. 4 Residual gravity anomalies of the Shizishan ore field in Tongling

内有金多金属硫矿体,除此在逐渐向两端倾伏时的次级隆起部位也是很好的控矿位置。

主背斜上的横跨褶皱,对矿体的加厚和品位富化有利,和断层、层间滑动结合在一起更显著。如老鸦岭的高品位大厚度主矿体即处于横跨褶皱的隆起部位(吕庆田等,2004),同样,在冬瓜山,高品位大厚度的主矿体也处在冬瓜山横跨褶皱部位。

3 已有重磁资料的重新处理及认识

20世纪80年代末期,地矿部第一物探大队在狮子山矿田开展过1:5万的重力和地面磁法勘探,积累下了大量资料。通过采用新方法和手段对这些数据进行了重新处理,这些方法包括区域场与局部异常的分离、分析信号、化极、向上延拓、垂向求导等,在此基础上,分析了重磁异常与已知矿体的空间关系,对该区重磁找矿模式进行了重新总结。

图4为对布格重力异常进行处理后的狮子山矿田剩余重力异常图,局部串珠状正异常和负异常相间呈北东向排列分布的特点与矿田内背斜与向斜的相隔分布是一致的,狮子山矿田的重力异常最为明显,胡村南侧的局部异常与乌栗山磁异常相吻合,作为一种重要的在已知矿床边部或外围寻找隐伏矿的标志,朱村向斜东侧第四系覆盖区的局部重力异常可能与局部的次级褶皱隆起有关,同时推测与埋深较大的隐伏矿体有关。

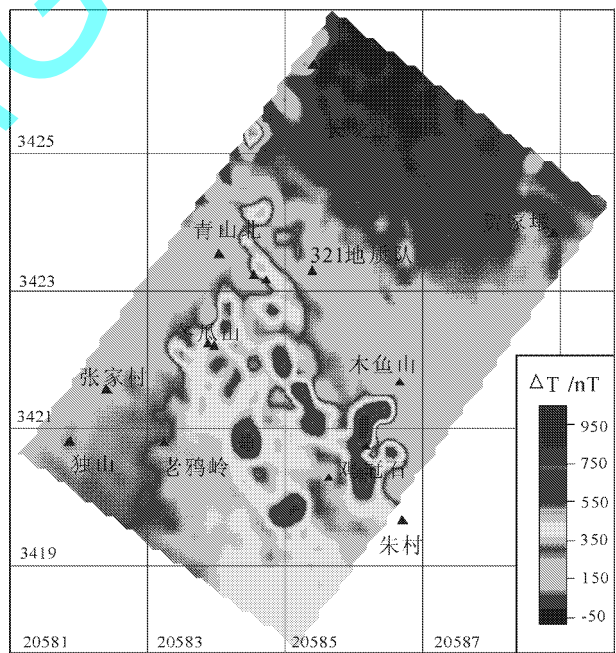


图 5 铜陵狮子山矿田磁法滤波化极异常

Fig. 5 Filter and reduction to pole anomalies of the Shizishan ore field in Tongling

对狮子山矿区磁测资料进行滤波化极处理后(图5)对比异常与矿床分布关系,发现局部磁异常与矽卡岩带对应,即沿岩体与围岩接触带分布,几个典型的接触带矽卡岩型矿床,东狮子山、胡村、新华山等与强磁异常一一对应。

4 狮子山矿田接替资源定位预测

通过三维立体矿床模型,对冬瓜山铜矿地质控矿条件和成矿规律分析的基础上,结合对前人采集物探资料进行了深度挖掘开发获取的信息,在狮子山矿田初步圈定了寻找类似冬瓜山铜矿的找矿靶区——前冲靶区。该靶区是根据基于泥盆系五通组顶部石炭系的黄龙—船山组为重要赋矿层位的地质指导思想,结合对以往磁测信号分析处理发现的弱磁异常和5万重力测量的区域弱正异常显示提高了发现冬瓜山式隐伏矿的可能性,重力资料反映在区域重力异常的背景上尚叠加有局部的高频重力异常,进一步显示出深源异常的存在,同时在预测靶区中部发现具有浅埋深特征的高频局部剩余重力异常,初步认为该局部异常与地表发现的民采矿点有一定的联系,指示了其深部600 m以下的找矿方向。综合信息显示前冲为寻找类似冬瓜山铜矿的中浅埋深和深埋藏隐伏矿的有利靶区。在前冲靶区,布置了EH—4混合场源电磁法勘探剖面,在对应位置发现了相对低电阻地质体的存在,初步证实了前冲靶区具有寻找冬瓜山式矿床的潜力。在项目组的建议下,在前冲布置了深1500 m的验证钻孔,在目前钻进深度下,实际层位与层厚与三维填图显示的层位与层厚基本吻合(与321地质队内部交流资料)。

5 结论

利用铜陵狮子山矿田发现及勘探过程中积累下来的大量的地质、钻探及物探资料,使用Micromine三维勘探软件,建立了三维矿床模型。模型清晰生动的显示了容矿层位、矿源层以及各地层与成矿之间的空间关系,直观的说明了褶皱构造褶曲部位是有利成矿部位。在对已有重磁资料的重新处理发现异常的约束下,在狮子山矿区外围圈出了接替资源勘查有利靶区。结果证明:在地质体三维可视化及物探新方法新技术支持下,对矿山已有的资料进行深度挖掘开发,不但可以提炼出有用的找矿信息,为矿山接替资源勘查服务,而且还可以节省大量的勘查资金,缩短接替资源勘查周期,同时,对我国危机矿山接替资源勘查也具有一定的启示意义。

参考文献

常印佛,刘湘培,吴言昌.1991.长江中下游铁铜成矿带.北京:地质出版社,377~379.

陈爱兵,秦德先,张学书,等.2004.基于Micromine矿床三维立体模

型的应用.地质与勘探,40(5):77~80.

- 李红阳,杨秋荣,李英杰,等.2006.安徽冬瓜山铜矿床的地球化学特征.地球学报,27(6):551~556.
- 吕庆田,侯增谦,史大年,等.2004.铜陵狮子山金属矿地震探测结果及对区域找矿的意义.矿床地质,23(3):390~398.
- 吴才来,陈松永,等.2003.铜陵中生代酸性侵入岩特征及成因.地球学报,24(1):41~48.
- 修群业,王军,高兰,等.2005.云南金顶矿床矿体三维模型的建立及其研究意义.矿床地质,24(5):501~506.
- 闫卫东,吴初国,崔荣国.2006.“十五”期间中国矿产资源形势综述.中国矿业,15(1):1~5.
- 曾普胜,裴荣富,侯增谦,等.2005.安徽铜陵矿集区冬瓜山矿床:一个叠加改造型铜矿.地质学报,79(1):106~113.
- 左仁广.2005.解决资源危机矿山的策略与方法.中国矿业,14(7):44~47.
- 翟裕生,姚书振,林新多,等.1992.长江中下游铁、铜等成矿规律研究.矿床地质,11(1):1~12.

References

- CHANG Yinbo, et al. 1991. The Iron-copper ore-forming belt of Middle-Lower Yangtze River. Beijing: Geological Publishing House, 377~379 (in Chinese with English abstract).
- CHEN Aibing, QIN Dexian, ZHAN Xueshu, et al. 2004. 3D model for deposit based on Micromine technology. Geology and Prospecting, 50(4):77~80 (in Chinese with English abstract).
- LI Hongyang, YANG Qirong, LI Yingjie, et al. 2006. Geochemical characteristics of the Dongguashan copper deposit in Anhui Province. China Acta geoscientia Sinica, 27(6):551~556 (in Chinese with English abstract).
- LÜ Qingtian, HOU Zengqian, SHI Daniao, et al. 2004. Tentative seismic reflection study of Shizishan orefield in Tongling and its significance in regional exploration. Mineral Deposits, 24(3):390~398 (in Chinese with English abstract).
- WU Cailai, CHEN Songyong, et al. 2003. Origin and features of the mesozoic intermediate acid intrusive in the Tonglin area, Anhui. China Acta Geoscientia Sinica, 24(1):41~48 (in Chinese with English abstract).
- XIU Qunye, WANG Jun, et al. 2005. Construction of a three-dimensional model for orebodies of Jinding deposit, Yunnan province and its significance in geological study. Mineral Deposits, 24(5):501~506 (in Chinese with English abstract).
- YAN Weidong, WU Cuguo, et al. 2006. Review of China's mining in 10th five year plan. China Mining Magazine, 15(1):1~5 (in Chinese with English abstract).
- ZENG Pusheng, PEI Rongfu, HOU Zengqian, et al. 2005. The Dongguashan deposit in the Tongling mineralization cluster area, Anhui: A Large-sized superimposition-type copper Deposit. Acta Geologica Sinica, 79(1):106~113 (in Chinese with English abstract).
- ZHAI Yushen, YAO Shuzhen, et al. 1992. The mineral rules research of Middle-Lower Yangtze River. Mineral Deposits, 11(1):1~12 (in Chinese with English abstract).
- ZUO Renguang. 2005. The strategy and method for resolving the crisis mine problem. China Mining Magazine, 14(7):44~47 (in Chinese with English abstract).