

危机矿山深部及其外围盲矿预测的 化探新方法及其最佳组合

李惠¹, 岑况², 沈镛立², 吴悦斌², 张国义¹, 张连发¹, 禹斌¹

(1. 中国冶金地质勘查工程总局地球物理勘查院, 保定 071051; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

[摘要]文章全面总结了国内外在找盲矿或隐伏矿方面的化探新方法、新技术研究成果, 论述了各种方法的特点、用于盲矿或隐伏矿预测的有效性及其应用条件, 在此基础上, 提出了在危机矿山深部及其外围进行盲矿或隐伏矿定位预测的化探最佳方法及在不同条件下的最佳方法组合。

[关键词]最佳化探方法 方法组合 矿山深部及外围 盲矿—隐伏矿预测

[中图分类号]P632 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2006)04-0062-05

目前, 我国很多大一中型有色金属(含金)矿山经多年开采, 资源严重不足, 关闭和拟关闭的矿山日益增多, 矿山关闭不仅仅是经济问题, 而且带来众多人员的失业、就业的社会稳定问题, 因此, 解决危机矿山接替资源, 在矿区深部及其外围找矿, 延长矿山寿命已成为非常紧迫的任务。^[1]国家对解决危机矿山接替资源问题非常重视, 已经设立了危机矿山持续发展专项基金。

很多危机矿山, 根据其成矿条件分析, 都有很大的进一步找矿潜力, 但如何在原有矿山周边或深部找到新矿体, 难度很大, 需要有效的技术方法。国内外找矿的实践证明, 化探在现有矿区深部及其外围找盲矿是一种直接、快速、有效的方法技术。然而在勘查地球化学领域也有多种新方法, 不同种方法各有其特长及其应用条件, 为了以同样投资取得最好的找矿效果, 文章全面总结了国内外矿区化探新方法、新技术研究现状, 并总结了各种方法在矿区深部及其外围找盲矿或隐伏矿的效果, 据此, 提出了在危机矿山深部及其外围盲矿或隐伏矿预测的最佳化探新方法及其最佳方法组合。

1 矿区化探的新方法、新技术研究现状^[1-17]

有色金属(含金)矿区深部及外围找矿预测的难度越来越大, 主要寻找对象是深部盲矿或隐伏矿, 必须采用新理论, 研究新方法、新技术才会有所突破。多年来, 国内外都做了大量研究工作, 开拓的化

探新方法、新技术主要有: 原生晕法—原生叠加晕法—构造叠加晕法, 包裹体气晕、离子晕及其叠加晕法热晕法, 矿物地球化学法及同位素地球化学方法等; 在厚覆盖矿区有汞气测量法(壤中气汞测量、土壤吸附汞测量)、地电化学法(地电提取法、土壤离子电导率)、地气法、综合气体地球化学方法(H_2S 、 CO_2 、 CO 、 CS_2 、 COS 等)、烃类测量、相态分析、元素活动态测量(水提取相、非晶质铁锰氧化物相、有机络合相、活动态等)、卤素地球化学法(岩石、土壤卤素测量和土壤热释卤素测量)等等。

我国在上述方法研究中都取得了新的突破, 其中原生晕找矿模型、构造叠加晕法、汞蒸气测量、地电化学、深穿透—地气法、包裹体气晕和离子晕法、热晕法、卤素测量等方法在矿区深部及其外围找盲矿或隐伏矿的研究与应用都达到了国际先进水平或国际领先水平。

2 主要化探方法的研究成果及其找矿效果

2.1 原生晕找矿模型—构造叠加晕找矿模型的研究主要成果^[1-12]

原生晕方法又称岩石地球化学方法, 是寻找热液成因的盲矿或隐伏矿效果最好的化探方法, 也是国内外勘查地球化学专家所公认的方法。

我国应用原生晕找盲矿的研究, 自20世纪50年代末期谢学锦、邵跃等人就开始了研究原生晕找矿, 在近50年中, 地矿、冶金、有色等系统及地质院

[收稿日期]2005-12-28; **[修订日期]**2006-03-27; **[责任编辑]**曲丽莉。

[第一作者简介]李惠(1937年—), 男, 1964年毕业于原北京地质学院, 教授级高工, 现主要从事矿区深部及其外围化探找盲矿最新方法、新技术研究工作。

校的化探专家都相继做了大量研究工作,在研究原生晕分带理论和方法技术方面都取得了一系列开创性成果:使原生晕找矿→发展为原生地球化学异常模式和找矿模型→又发展为原生叠加晕模式和找矿模型→构造叠加晕模式和找矿模型。发表论文已有100余篇,特别是1990—1998年9年间出版了多部专著,有代表性的10部专著是:1990年由欧阳宗圻、李惠、刘汉忠编著的《典型有色金属矿床地球化学异常模式》,1991年由李惠编著的《石英脉和蚀变岩型金矿床地球化学异常模式》,以张本仁、孙焕振、李善芳等主编的《勘查地球物理勘查地球化学文集》,1993年赵伦山、吴悦斌、沈镛立著的《基岩地球化学测量方法》,1996年邹光华、欧阳宗圻、李惠等著的《中国主要类型金矿床找矿模型》,1997年王继伦、李善芳、齐文秀、朱有光、傅祥麟等著的《中国金矿物探、化探方法技术的研究与应用》,1997邵跃的《热液矿床岩石测量(原生晕法)找矿》,1998年吴承烈、徐外生、刘崇民的《中国主要类型铜矿勘查地球化学模型》。随着对金矿原生晕轴向分带研究的不断深入,特别是20世纪90年代以来,发现很多异常现象如前尾晕同时出现、地球化学参数多次转折、原生晕轴向分带序列出现反分带等问题,用一般原生晕理论不能解释,李惠据金矿成矿具有多期多阶段叠加的特点,应用“叠加成矿成晕观点”不但可做出合理解释,而且提取出了更优化的找盲矿信息,并于1998年出版了《大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型》和2006年1月由地质出版社出版了《金矿区深部盲矿预测的构造叠加晕模型及找矿效果》。

2.1.1 原生晕找矿模型研究及其应用效果

原生晕或岩石地球化学异常模式是对一个具体矿体、矿床、矿田的元素组合、含量变化、特别是异常发育特点及其分带特征的客观反映和高度概括,用异常模式图表示,并有文字说明;原生晕(岩石地球化学)找矿(勘查或预测)模型是指在建立了矿体、矿床、矿田地球化学异常模式的基础上,进一步概括总结出了地球化学找矿标志及找矿方法,是异常模式(含图)、找矿标志和找矿方法的集成。

1) 有色金属矿床地球化学找矿模型研究的主要成果^[1]。在“六五”期间,冶金部立项,由欧阳宗圻教授为首,李惠、刘汉忠等组织冶金17个科研院所及大专院校联合研究有色金属矿床地球化学异常模式,先后对金、铅、锌、银、铜、钼、钨、锡、锑、铌、钽等11个矿种(矿床类型包括热液型铜、钨、锡、钼、

锑矿,绿岩带型金矿,斑岩型铜钼矿,夕卡岩型铜钼矿,脉状钨矿,层控铜铅锌矿等)进行了系统研究,并建立了矿田、矿床(体)的地球化学找矿模型:包括异常模式和盲矿预测标志及判别矿体剥蚀程度的指标或数学模型。各矿区用模型预测,都取得了好的找矿效果。有色金属矿床地球化学异常模式的建立,不仅发展了地球化学找矿理论,开拓了化探模式化找矿的新路,是化探找矿发展中的一次飞跃,而且提高了化探找有色金属盲矿的效果,为在有色金属矿区深部及其外围盲矿预测提供了一套有效方法技术。

2) 铜矿床地球化学找矿模型研究的主要成果^[8]。地矿系统在研究矿田、矿床和矿体地球化学异常模式和找矿模型方面做了大量研究工作,取得了丰硕的成果。在“八五”期间,由吴承烈、徐外生、刘崇民等完成的地矿部重点科研项目“中国主要类型铜矿隐伏矿地球化学预测指标研究”成果中,全面地总结了作者和地矿系统生产、科研及教学领域的化探工作者30余年在铜矿地球化学勘查中取得的主要成果,以成矿带、矿田、矿床不同级次的地质、地球化学和地球化学勘查为基础,研究和建立了包括斑岩铜钼矿、夕卡岩型铜矿、复合型铜矿、岩浆型铜镍矿、海相火山岩型铜矿、沉积变质-热液改造型铜矿、热液脉型铜矿等7种类型矿床的地质-地球化学异常模式和地球化学勘查模式-模型系统,应用模式-模型预测取得了显著效果,在铜矿区深部及其外围找盲矿具有重要实用价值。

3) 中国主要类型金矿地球物理、地球化学综合找矿模型研究主要成果^[5]。“八五”期间,国家科委把建立“我国主要类型金矿床综合方法找矿模型”作为国家重点黄金地质科技攻关项目,由地矿部、冶金、有色、核工业、武警黄金5个系统联合攻关。研究地区有胶东、冀东、冀北、晋北、陕西小秦岭、桐柏一大别山、川西北、黔西南、桂西北、内蒙乌拉山一大青山、西秦岭、甘南、甘肃北山、湘中、河南熊耳山-崤山、海南、云南、吉林夹皮沟等21个金矿区带的68个典型金矿床(田)的地质-地球物理-地球化学异常特征,根据不同的成矿地质条件和矿床成因系统地研究和总结了我国主要类型金矿床——绿岩带型、变质碎屑岩型、沉积岩系和火山一次火山岩型等4种主要类型金矿床(田)的地质-地球物理-地球化学异常模式和找矿模型,提供了在不同类型的典型金矿区应用物化探找矿预测的具体指标和技术参数,大大提高了我国金矿的物化探找矿技术

水平,用模型在几十个金矿区及其外围进行找矿预测,都取得了显著找矿效果。

2.1.2 原生叠加晕—构造叠加晕找盲矿新方法、新技术研究成果及找矿效果^[10-14]

1) 原生叠加晕法:是在原生晕找盲矿理论(热液成因的矿床(体)的原生晕有明显的轴向分带:即每次成矿形成的矿体都有自己的前缘晕、近矿晕和尾晕,其前缘晕可达几百米)基础上,李惠又根据热液成因的矿床成矿具有多期多阶段脉动叠加特点,提出了脉动成晕叠加理论,即矿床(体)的原生晕形成的是多期多阶段脉动成晕叠加结果,据此,又提出了新的研究思路和新的研究内容,不仅研究不同成矿期或成矿阶段的元素组合及单阶段形成矿体(晕)的轴向分带(发现矿体的前缘晕、近矿晕和尾晕特征指示元素组合及其浓度特征),而且还要研究不同阶段形成原生晕在空间上的叠加结构,建立矿床的叠加晕模式,确定盲矿预测标志,并用模式和标志在矿区深部及其周围进行盲矿预测。20 世纪 90 年代以来,李惠开创了原生叠加晕找矿新方法、新技术。

2) 构造叠加晕法:根据热液型矿床成矿成晕严格受构造控制,其原生叠加晕分布于构造及其上下盘围岩中,一般在构造内矿体原生晕最发育,前缘晕指示元素可在矿体前缘 200m 形成异常,而上下盘晕一般只有 $n \sim n \times 10m$,由于应用原生晕预测盲矿的关键是研究矿体(晕)的轴向分带特点,研究构造中的原生叠加晕的轴向分带及其叠加结构足以反映矿体(晕)的总体轴向分带。在构造蚀变带中选择性地采取有蚀变及矿化叠加的样品,不但强化了异常或找矿信息,而且大大减少了采样量和分析费用,提高了工作效率和找矿效果。20 世纪 90 年代末,李惠又将原生叠加晕法发展为构造叠加晕找盲矿新方法、新技术,并总结出了一套特有的研究方法和工作方法,是应用原生晕在矿区深部及外围找盲矿的一个飞跃性发展。构造叠加晕模式和盲矿预测标志的综合称为构造叠加晕找矿模型。

3) 构造叠加晕的创新点:提出了原生晕形成的脉动成晕叠加理论、新的研究思路和新的研究内容。其技术进步表现在提高了原生晕解释水平,不仅对过去困惑化探专家、用一般原生晕理论不能解释而认为杂乱无章的原生晕轴向“反常”、“反分带”等异常现象做出了合理解释,而且将“前尾晕共存”、“反分带”和“地化参数轴向转折”等无规律的反常现象变成了判别深部有否盲矿存在的重要标志。通过对

胶东、小秦岭、陕西、河北、内蒙、山西等几十个典型金矿床的构造叠晕模式的研究,总结出了 4 种叠加结构的理想模式和 5 条盲矿预测准则^[10]。

4) 构造叠加晕法在危机金矿山深部及其外围找盲矿应用证明,预测的准确性高,效果显著,已取得了巨大经济效益:20 世纪 90 年代以来,应用其构造叠加晕模型对 20 多个危机大中型金矿区深部及外围盲矿预测,共提出了盲矿预测靶位 200 余个,预测金金属量超过 200t,到 2005 年底,一些矿山对部分预测靶位用钻孔或坑道进行了验证,如河南秦岭金矿、河南文峪金矿、山东蓬莱黑岚沟金矿、乳山三甲金矿、陕西太白金矿等部分矿山验证预测靶位见矿后,写来证明的就已获金金属量达 65.9t,已取得了显著找矿效果,也取得了巨大的经济效益。

2.1.3 包裹体气晕、离子晕及其叠加晕找金盲矿新方法^[6]

金矿包裹体地球化学研究,国内外都侧重于从理论上研究金矿成矿溶液的成分、性质及成矿物化条件,而用于直接找盲矿体较少。李惠等根据金矿成矿成晕多期多阶段叠加的特点,系统研究了 10 个典型金矿床不同成矿阶段形成石英包裹体的温度和包裹体的气相成分、液相成分、相对光密度的特点,在研究各阶段石英包裹体气晕(气相成分)、离子晕(液相成分)的轴(垂)向分带时,发现了气相成分中 CO_2 、 CH_4 ,液相 F^- 、 Cl^- 是矿体的特征前缘晕;液相成分中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 是尾晕的特征指标。总结出了石英脉型金矿深部盲矿预测的包裹体气晕、离子晕及其叠加晕的模型。在一些金矿区应用,取得了很好的找盲矿效果。为在矿区特别是危机矿山深部及外围盲矿预测又提供了一种有效方法和手段。

2.1.4 在矿区外围以目标追踪采样为主体的基岩地球化学成矿预测研究成果^[15]

中、大比例尺的基岩地球化学测量方法研究始于 20 世纪 70 年代末,中国地质大学於崇文和张本仁教授分别在广东一六地区及豫西秦岭地区首先将现代地球化学理论和方法用于研究区域基础地质问题及 1:5 万矿产预测,开创了地质、化探结合研究基础地质问题和找矿的新方向,在方法和研究基础地质问题的深度上居国际领先地位。在“七五”期间,中国地质大学以赵伦山、吴悦斌和沈镛立教授为首的专家,在完成地矿部“1:5 万区调中地球化学理论与方法技术应用研究”课题中,遵循地质、地球化学紧密结合的方向,充分发挥综合化方法研究复杂成

矿作用的优势,开创了以目标追踪采样法为主体的基岩地球化学测量方法,配合进行实测地质地球化学剖面,典型矿床研究,应用计算机系统进行异常评价等。这一套工作方法能较全面、系统、高效地获取测区的区域基础地质和区域成矿的宏观和微观信息。应用地球化学证据使得区域基础地质问题得到深入认识,在此基础上建立区域成矿控矿地质地球化学模型;使用引入的地质控矿变量的系统对所获得的区域矿化信息进行快速、高效地处理,筛选出异常靶区。该方法在山东牟乳金矿带实验取得了成功,在已知金矿区外围找矿取得了很好效果。

2.2 厚覆盖矿区找隐伏矿的化探新方法、新技术

在厚覆盖区(包括外来运积物如冲积层、黄土、戈壁等覆盖区和厚层基岩覆盖的地区),研究和开创的寻找隐伏矿的汞气、卤素、地电化学、气体地球化学(CO 、 CO_2)、地气测量、相态提取方法、深穿透-地气、偏提取技术等化探新方法、新技术中,我国对汞气测量、地电化学方法和卤素方法应用于矿区及其外围找隐伏矿的研究较多,并取得了较好效果。

2.2.1 汞气测量方法研究成果及用于矿区找隐伏矿的效果

汞气测量国内外都做了大量研究工作。我国是自20世纪60年代以来,开始汞气测量研究,主要是研究壤中气汞测量、土壤吸附汞测量找隐伏矿方法,其中中国地质大学阮天健、张承亮等,地矿部郑康乐、伍宗华、金仰芬等,冶金胡国廉、田俊杰、常凤池等,有色梁继琛、靳德荣、王维熙等,核工业游云飞等及武警黄金部队的化探专家,在研究汞气找隐伏矿方面都取得了突出成果:研究了不同景观、不同覆盖条件下(黄土、红土、冲积层、戈壁、森林、沼泽等)不同矿种(金、银、铜、铅、锌、钼、钨、锡、汞、锑、铀、铁、锰、镍等)汞气异常特征、异常解释评价方法及其形成机理,并做了模拟试验研究。

汞气测量应用于普查、详查和矿山及其外围找隐伏矿,都取得了显著效果,如冶金物化探研究所在广东厚婆坳多金属矿山外围覆盖区找隐伏矿,发现了一个铅锌银大矿,使该矿生产起死回生,得到了持续发展。

2.2.2 地电化学方法及其找隐伏矿的效果^[16]

地电化学找矿方法是一种物化探相结合的新方法、新技术。地电化学找矿有多种方法,其中对土壤离子电导率测量方法和地电提取方法研究和应用较多。国内外对地电化学找矿都做过大量研究工作,地矿和有色系统研究投入最多,总结出了不同覆盖

条件下不同矿床的地电化学异常模式及评价指标,还系统地研究了地电化学异常形成机理和总结出了土壤离子电导率测量方法和地电提取方法的工作方法和应用条件,其中桂林工学院罗先熔教授等对地电化学找矿方法的研究成果最多,并于1996年由冶金工业出版社出版了专著“地球电化学勘查及深部找矿”

2.2.3 应用卤素找隐伏矿和盲矿的研究及其效果^[17]

应用卤素(F、Cl、Br、I)找盲矿,国内外有不少研究和报导。我国地矿、冶金、有色等系统都开展了大量研究工作,取得了很多成果,也取得了较好找矿效果。其中冶金部桂林地研所研制出了一套简单、快速、灵敏度高的卤素分析方法。1979年由冶金部桂林地研所李惠等与广西272队斑义江、林凡等合作,首次系统研究和总结了两江热液型铜矿床的卤素地球化学特征及找矿标志,预测200m之下深部盲矿,取得了很好的找矿效果,也是我国应用卤素找盲矿的最好实例。同年,李惠等又与广西271队合作,对广西栗木钨、钼、钨、锡矿床中F的地球化学行为及其指示意义进行了深入研究,总结出了应用F预测钨、钼、钨、锡矿盲矿的模型。初绍华对卤素找矿进行了全面总结。

1980年以后,拓宽了卤素找矿思路,冶金物勘院物化探研究所又开创性地研究了土壤热释卤素法,可有效消除干扰异常,对应用卤素找隐伏矿的方法又是一次飞跃。厚覆盖区找隐伏矿的实践表明,卤素和土壤热释卤素法在矿区及其外围厚覆盖区找隐伏矿是一种有效的新方法、新技术。

3 危机矿山深部及其外围盲矿预测的最佳化探新方法及其最佳组合

为解决危机矿山接替资源,要在矿区深部及其外围找盲矿和隐伏矿,以同样投入取得更好效果,必须选择最有效的方法、技术。综合方法也应是地、物、化方法中最有效方法组合。综合国内外各种化探方法的研究成果及其在矿区深部及其外围找盲矿或隐伏矿的效果,并考虑以最小的资金投入,取得最好的找矿效果,特推荐在不同情况或不同景观条件下采用的最佳化探新方法及其最佳组合:

1) 在矿区深部,特别是在已知矿体深部寻找盲矿或第二个矿体富集带,采用构造叠加晕方法是最佳方法;首先研究和建立矿区内已知矿床的构造叠加晕模式和盲矿预测标志,用建立的模式及标志对矿区深部预测。

2) 矿区及其外围基岩出露良好, 矿区构造蚀变带或含金石英脉发育, 但有待评价其深部含矿性的地区, 采用构造叠加晕方法是最佳方法: 首先研究和建立矿区内已知矿床的构造叠加晕模式和盲矿预测标志, 用建立的构造叠加晕模式及标志对矿区及外围构造蚀变带或含金石英脉分别进行预测。

3) 矿区及其外围基岩出露良好的危机矿山, 外围找矿采用以目标追踪采样为主体的基岩地球化学成矿预测为最佳方法。应注意研究和建立矿区内已知矿床的岩石地球化学异常特征模式作为异常评价的标志。

4) 矿区及其外围为厚层外来运积物(黄土、冲积层、戈壁等)覆盖区, 采用一次采样, 分别进行土壤热释汞、土壤热释卤素及土壤离子电导率测量的联测方法或地电提取法为最佳组合方法: 首先研究矿区内已知矿床(体)上方土壤中的异常特征, 作为异常评价标志。

5) 矿区处在戈壁或干旱荒漠区, 在区内覆盖浅, 地表发育大量残积岩屑分布区, 可采用岩屑-构造叠加晕测量: 即在采岩屑样品时要挑选有小裂隙、蚀变、矿化碎屑组成样品。首先研究和建立矿区内已知矿床的构造叠加晕模式和盲矿预测标志, 并作为评价岩屑-构造叠加晕异常评价的标志。

6) 若矿区及其外围是部分为基岩出露, 部分被厚层外来运积物覆盖, 则须分别采用基岩出露条件和厚层覆盖区的上述最佳方法及组合。

应当指出的是: 在矿区深部及其外围进行盲矿预测, 不论采用哪种方法, 都必须首先研究和建立矿区内已知矿床的异常模式和找矿模型, 用该矿区的模式和标志找同类型盲矿效果会更好, 但也要注意根据成矿条件和成矿系统理论发现新类型矿床。

若矿区外围普查区没有条件建立已知矿床的模式和确定盲矿或隐伏矿预测标志, 采用上述方法预测时, 可对普查区的构造或蚀变带或发现的异常进

行分类排序, 指出区内哪条构造或哪个异常相对最好, 构造蚀变带哪一段相对最好, 确定验证顺序。

[参考文献]

- [1] 欧阳宗圻, 李惠, 刘汉忠, 等. 典型有色金属矿床地球化学异常模式[M]. 北京: 科学出版社, 1990.
- [2] 李惠. 石英脉和蚀变岩型金矿床地球化学异常模式[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [3] 张本仁. 勘查地球物理勘查地球化学文集: 第2集[C]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [4] 孙焕振, 李善芳. 勘查地球物理勘查地球化学文集: 第11集[C]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [5] 邹光华, 欧阳宗圻, 李惠, 等. 中国主要类型金矿床找矿模型[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [6] 王继伦, 李善芳, 齐文秀, 等. 中国金矿物探、化探方法技术的研究与应用[M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [7] 邵跃. 热液矿床岩石测量(原生晕法)找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [8] 吴承烈, 徐外生, 刘崇民. 中国主要类型铜矿勘查地球化学模型[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [9] 阮天健, 朱有光. 地球化学找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [10] 李惠, 张文华, 常凤池, 等. 大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1998.
- [11] 李惠, 张国义, 禹斌. 金矿区深部盲矿预测的构造叠加晕模型及找矿效果[M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- [12] 李惠, 张文华, 刘宝林, 等. 中国主要类型金矿床的原生晕轴向分带序列研究及其应用准则[J]. 地质与勘探, 1999, 1: 32-35.
- [13] 李惠, 张文华, 刘宝林, 等. 金矿床轴向地地球化学参数叠加结构的理想模式及其应用准则[J]. 地质与勘探, 1999, 6: 40-43.
- [14] 李惠, 张国义, 张连发. 冶金矿区化探新方法, 新技术研究的十项成果[J]. 地质与勘探, 2005, 5: 48-52.
- [15] 赵伦山, 吴悦斌, 沈镛立. 基岩地球化学测量方法[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [16] 罗先熔. 地球电化学勘查及深部找矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1996.
- [17] 李惠. 两江铜矿卤素的某些地球化学特征及其应用效果[A]. 中国金属学会 1979—1980 年优秀论文集[C]. 北京: 冶金工业出版社, 1983.

NEW GEOCHEMICAL METHODS AND BEST TECHNIQUE COMBINATION FOR PREDICTION OF BLIND OREBODY IN THE DEEP AND SURROUNDING OF CRISIS MINES

LI Hui¹, CEN Kuang², SHEN Yong-li², WU Yue-bin², ZHANG Guo-yi¹, ZHANG Lian-fa¹, YU Bin¹
(1. Geophysical Exploration Bureau, CEEB, Baoding 071051; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract: This paper summarized new geochemical methods and techniques for prediction of blind or concealed ore-bodies from China and abroad, and discoursed on their properties, efficiency and applying condition in the prediction. The best geochemical method and best technique combination at different conditions are suggested for the prediction of blind orebodies in the deep and surrounding of crisis mines.

Key words: best geochemical way, composition of method, deep and surrounding of mine, prediction of blind or concealed orebody