

中国冶金地质勘查工程总局地球物理勘查院科研成果化探专著

金矿区深部盲矿预测的 构造叠加晕模型及找矿效果

李 惠 张国义 禹 斌 主编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·



李惠，教授，男，1937年生，1964年毕业于北京地质学院（中国地质大学）地球化学专业。先后任冶金部地质研究所（北京）、中国有色金属工业总公司矿产地质研究院（桂林）、北京矿产地质研究所室副主任，中国冶金地质勘查工程总局（原冶金部）地球物理勘查院物化探研究所室主任、所长、名誉所长、教授，中国地质大学（武汉）兼职教授，国家现代地质勘查工程技术研究中心客座教授，中国地质学会勘查地球化学专业委员会三、四届副主任，中国金属学会冶金地质学会理事、物化探专业委员会一、二、三届副主任，中国黄金学会地质学术委员会委员。是1991年国务院首批“享受政府特殊津贴的专家”，1997年荣获冶金部“中青年有突出贡献专家”，1996年第三次全国黄金工作会议授予“八五期间为黄金工业发展做出突出贡献先进个人”称号。“河北省省管优秀专家”、“河北省劳动模范”。

已获省部级以上科技进步奖17项，其中国家科技进步二等奖二项、部特等奖一项、一等奖三项、二等奖五项、三等奖六项。

发表专著五部，参加编写专著六部，主编论文集一部，发表论文131篇、在国际上发表论文12篇、获各级学会优秀论文15篇。

金矿区深部盲矿预测的构造叠加晕模型及找矿效果

编辑委员会

主 任：刘三洋

副主任：张国义 骆华宝

委 员：李 惠 刘三洋 张国义 骆华宝 禹 斌
李德亮 朱向泰 张连发 徐叶兵

主 编：李 惠 张国义 禹 斌

参加编写人员：李德亮 张文华 王支农 朱向泰
常凤池 王志远 张连发 张 强
司淑云 惠德峰 高彦龙 上官义宁
高洪兴 张北廷 董帅民 高祥海
王瑞腾 耿仙湖 于 虎 陈绪松
赵可广 贺永利 王建民 梁斌祥
刘 军 赵宗勤 邵建波 史敬海

中国冶金地质勘查工程总局局长闫学义教授

2005年12月15日为本专著题词：

内容详实 理论创新 成果显著

内容详实
理论创新
成果显著
闫学义

序

进入 21 世纪以来,我国的重要矿产资源短缺情况日益突出,加强矿产资源勘查已是当务之急。为了提高勘查效果,发现更多更好的矿产资源,需要新的找矿思路和新的方法技术,而李惠等同志编著的这部新著正是适应这一需求而问世的。

地球化学找矿的理论和方法在整个矿床勘查领域中占有极为重要的地位,其勘查效果之显著是有目共睹的。其中,应用化学元素原生晕找寻盲矿是重要一环。这一方法前苏联较早开展。在 20 世纪 50 年代末,谢学锦、邵跃等中国化探工作开拓者几乎与前苏联学者同时各自发现了热液矿床的原生晕具有明显轴(垂)向分带,即每个矿体都有各自的前缘晕、近矿晕和尾晕,矿体的前缘晕向上延伸可达几百米,为预测深部盲矿提供了重要的直接信息,开创了原生晕找寻盲矿的新方法,取得了良好效果。

70 年代末至 90 年代,我国化探专家研究并建立了若干有色金属及金矿床的原生晕模式和找盲矿模型,是原生晕方法的重要进展,提高了找矿水平。但随着对原生晕找寻盲矿模型研究的不断深入,特别是 80 年代以来,在研究原生晕轴(垂)向分带、建立矿床原生晕模式时,发现了很多矿床轴(垂)向分带有“反常、反分带或杂乱无章异常现象”,用原生晕分带理论无法解释。这一困惑化探人员多年的难题,严重影响了应用原生晕方法预测盲矿效果的进一步提高。

90 年代以来,李惠教授在深入研究原生晕轴(垂)向分带理论的基础上,密切结合热液金矿床成矿理论,根据金矿成矿成晕具有多期多阶段脉动叠加的特点,研究并发现了不同期次形成的矿体及其原生晕在空间上的叠加结构。据此,不仅对原生晕轴(垂)向分带出现的“反常及反分带现象”作出了合理解释,而且提取出了更多、更好的寻找盲矿信息。开创了原生叠加晕找盲矿新方法,并在实际参与 20 多个矿山的找矿实践过程中,使原生叠加晕方法逐渐成熟和完善。

近年来,在矿山(含危机矿山)找矿的实践中,其研究思路、方法又有新的进展,将原生叠加晕法又发展为构造叠加晕法——研究构造中原生叠加晕的方法,强化了盲矿信息,减少了工作量,是研究和应用原生晕找寻盲矿方法的又一进展。这一方法是针对热液脉状金矿床的特征而总结提出的。这类金矿的成矿严格受构造控制,构造活动和热液活动有脉动性,导致金矿原生晕具有多期多阶段的脉动叠加特点。据此,不仅研究每次成矿形成原生晕轴(垂)向分带,而且还要研究不同成矿阶段形成矿体(晕)在空间的叠加结构,建立典型金矿床的构造叠加晕模式。根据 20 多个典型金矿床的构造叠加晕和叠加结构的共性,总结出了金矿床叠加晕的四种叠加结构理想模型:包括四种叠加晕模式和五条盲矿预测准则,并建立了一整套从采样、分析到预测的方法和技术。从而显著提高了盲矿预测的准确性和找矿效果。

构造叠加晕法这一新的思路和方法经过十多年来在 20 多个金矿山中的实际应用已证

明是有效的，在部分矿山中经对预测靶位进行工程验证已新增金金属量 60 余吨，缓解了这些矿山的资源危机，延长了矿山寿命，取得了显著的经济效益和社会效益。证实了构造叠加晕在矿山深部及其外围找寻盲矿是一种有效的新方法、新技术。

书中还介绍了金矿包裹体气晕、离子晕找寻盲矿的新方法、新技术。根据金矿成矿成晕多期多阶段叠加的特点和金矿床气晕和离子晕的分带规律，建立金矿盲矿预测的包裹体气晕、离子晕及其叠加晕的理想模型，应用模型预测取得了好的效果。

综观李惠教授等人的科研工作及本书有两个特点，一是坚持科研工作为国民经济建设和社会发展服务，为缓解矿山资源危机，为找矿预测服务；二是理论与实践、研究与找矿密切结合，根基扎实，反复验证，不断提高，终于在应用原生晕探矿这一领域取得创新成果，开创了热液脉型矿床深部找矿的有效途径。在当前正在展开的深部找矿工作中，它必将得到进一步的应用、检验并获得新的发展。

我祝贺这一专著的出版，并对作者们严谨求实、锲而不舍的精神表示由衷的敬意。

翟裕生
2005.9.20

感谢中国科学院院士、矿床学家、地质教育家——中国地质大学（北京）翟裕生教授的支持和为本专著写序。

——作者
2005.9.20

目 录

序

前 言	(1)
-----------	-----

第一篇 金矿盲矿预测的构造叠加晕理想模型	(9)
----------------------------	-----

第一章 金矿床构造叠加晕法	(9)
---------------------	-----

一、矿床(体)的原生晕、原生叠加晕、构造叠加晕概述	(9)
---------------------------------	-----

(一) 原生晕	(9)
---------------	-----

(二) 金矿床的原生叠加晕、构造叠加晕概述	(11)
-----------------------------	------

二、金矿床(体)原生晕、原生叠加晕、构造叠加晕的发展与创新	(12)
-------------------------------------	------

(一) 原生晕找盲矿法的开创与应用阶段	(12)
---------------------------	------

(二) 原生晕模式、模型研究阶段	(12)
------------------------	------

(三) 原生叠加晕法	(12)
------------------	------

(四) 原生叠加晕法发展为构造叠加晕法	(13)
---------------------------	------

(五) 研究和建立了金矿床包裹体气晕、离子晕及其 叠加晕的理想模型	(13)
--	------

三、金矿床构造叠加晕的研究思路、内容及方法	(13)
-----------------------------	------

(一) 研究思路、技术关键	(13)
---------------------	------

(二) 典型金矿床(体)的构造叠加晕模型研究内容及方法	(14)
-----------------------------------	------

第二章 金矿床构造叠加晕基本特征	(16)
------------------------	------

一、金矿多期多阶段叠加成矿的基本地质特征	(16)
----------------------------	------

二、金矿多期多阶段叠加成矿成晕的基本地球化学特征	(18)
--------------------------------	------

三、金矿床的轴(垂)向地球化学参数的叠加结构理想模式 及其应用准则	(20)
--	------

四、金矿床的原生晕轴(垂)向分带序列、叠加特点及其应用准则	(25)
-------------------------------------	------

五、金矿床(体)原生晕的前晕、尾晕叠加共存及其应用准则	(32)
-----------------------------------	------

第三章 金矿盲矿预测的包裹体气晕、离子晕及其叠加晕理想模型	(33)
-------------------------------------	------

一、典型金矿床不同成矿阶段包裹体成分的变化规律	(33)
-------------------------------	------

二、典型金矿的蒸发晕、热晕特点	(35)
-----------------------	------

三、典型金矿床的气晕、离子晕叠加特征	(37)
--------------------------	------

四、金矿盲矿预测的包裹体气晕、离子晕的四类叠加晕理想模型	(40)
------------------------------------	------

五、包裹体叠加晕预测金矿盲矿的效果	(41)
第四章 金矿盲矿预测的构造叠加晕理想模型	(42)
一、金矿盲矿预测的构造叠加晕四类理想模型	(42)
二、构造叠加晕用于盲矿预测的五条准则	(46)
第二篇 典型金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测效果	(48)
第一章 胶东典型金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测效果	(48)
模型 1 山东蓬莱黑岚沟金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测效果	(48)
模型 2 山东乳山三甲金矿床的构造叠加晕模型及两次预测盲矿效果	(54)
模型 3 山东乳山金青顶金矿床的构造叠加晕模型三次跟 踪研究及预测效果	(61)
模型 4 山东牟平邓格庄金矿床的构造叠加晕模型	(70)
模型 5 山东新城金矿床的构造叠加晕模型及两次预测效果	(74)
模型 6 山东招远大尹格庄金矿床隐伏矿定位预测的叠加晕模型	(83)
模型 7 山东招远灵山沟金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测效果	(86)
第二章 豫陕小秦岭典型金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测效果	(92)
模型 8 河南小秦岭杨砦峪金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测效果	(92)
模型 9 陕西东桐峪金矿床的构造叠加晕模型及预测效果	(100)
模型 10 河南灵宝红土岭金矿床的构造叠加晕模型	(105)
模型 11 小秦岭金矿集中区深部第二富集带预测 的构造叠加晕综合模型	(108)
第三章 秦岭典型金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测效果	(113)
模型 12 陕西太白金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测效果	(113)
第四章 晋北典型金、金-钼、银-铜矿床的构造叠加晕模型 及盲矿预测效果	(119)
模型 13 山西阳高堡子湾金矿床的构造叠加晕模型及预测效果	(119)
模型 14 山西阳高九对沟金-钼矿床多建造晕模型及预测效果	(122)
模型 15 山西刁泉银-铜矿床的构造叠加晕模型及预测效果	(127)
第五章 冀北、内蒙古典型金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测效果	(133)
模型 16 河北东坪金矿床的构造叠加晕模型	(133)
模型 17 内蒙古赤峰柴胡栏子金矿床的构造叠加晕模型及盲矿预测	(135)
主要参考文献	(138)
附件 1 原生叠加晕-构造叠加晕新方法、新技术研究完成的项目	(139)
附件 2 发表构造叠加晕有关专著及论文题目	(142)

前 言

20 世纪 90 年代以来,在中国冶金地质勘查工程总局和地球物理勘查院的领导支持下,李惠教授等在研究和发展的原生晕找盲矿理论基础上,开创了原生叠加晕找盲矿新方法、新技术,近年来又发展为构造叠加晕新方法新技术,并取得了显著的找矿效果,也取得了巨大经济效益和社会效益。在研究叠加晕中,先后承担并完成国家科技攻关项目的 7 个课题或专题、冶金部 3 个重点项目、白银基金 2 个重点项目、国家黄金管理局 4 个重点项目和金矿山 22 个项目共 38 个科研项目(或课题、专题),先后参加人员达 70 余人(含矿山参加协作人员)(附件 1)。

本专著是对 1994~2005 年间地球物理勘查院以李惠教授为首的化探专家研究原生叠加晕→构造叠加晕找盲矿新方法、新技术及其在典型金矿区预测盲矿效果的全面系统总结。下面简单介绍构造叠加晕新方法新技术研究及其预测盲矿效果成果。

一、构造叠加晕找盲矿新方法新技术简介

原生叠加晕法:密切结合热液金矿床成矿理论,根据金矿成矿严格受构造控制,构造活动有脉动性,金矿成矿成晕不仅具有时间上的多期多阶段的脉动性,而且在构造空间上也具有不同形式的叠加结构。每次成矿形成矿体都有自己的前缘晕、近矿晕和尾晕,不同期次成矿形成原生晕在空间有多种叠加形式。据此,研究每次成矿形成原生晕轴(垂)向分带及不同成矿阶段形成矿体(晕)在空间上的叠加结构,建立典型金矿床的叠加晕模式,确定盲矿的预测标志,用模式和标志对深部进行盲矿预测。

构造叠加晕法:只研究构造蚀变带中原生叠加晕特征并用于盲矿预测的方法。

原生叠加晕法是在发展原生晕找盲矿理论基础上,开创的一种新方法、新技术,构造叠加晕法是原生叠加晕法的又一发展。构造叠加晕法为矿山、特别是危机矿山寻找接替资源,在矿区深部及其外围进行盲矿预测提供了一种经济、快速、直接、有效的新方法、新技术,在二十多个危机矿山找矿应用中,找矿效果非常显著,取得了巨大的经济效益和社会效益,具有重要实用价值和广泛推广价值。

(一) 研究背景与历程

(1) 原生晕找盲矿法的开创与应用:20 世纪 50 年代末,谢学锦、邵跃等中国化探元老几乎与前苏联学者同时各自发现了热液矿床的原生晕具有明显轴(垂)向分带,即每个矿体都有自己的前缘晕、近矿晕和尾晕,矿体的前缘晕向上延伸达几百米,为预测深部盲矿提供了重要的直接信息——原生晕找盲矿的理论依据,开创了原生晕找盲矿新方法,取得了良好效果。

(2) 原生晕模式和找矿模型研究。70 年代末一直到 90 年代,我国以欧阳宗圻为首的化探专家率先提出、研究并建立了一批典型有色金属及金矿床的原生晕模式和找盲矿模型。期间,研究了中国主要类型金属矿床,矿田地球化学异常模式和找矿模型,是原生晕方法的重大发展,提高了找矿水平。

随着对原生晕找盲矿模型研究的不断深入,特别是 20 世纪 80 年代以来,在研究原生晕轴(垂)向分带、建立矿床原生晕模式时,发现了很多矿床轴(垂)向分带有“反常、反分带现象”,用热液矿床一次成矿或一个主成矿作用形成的原生晕分带理论无法解释,困惑了化探人员几十年,严重影响了应用原生晕方法预测盲矿效果的进一步提高。

(3) 20 世纪 90 年代以来,原生晕法发展为原生叠加晕法阶段。为解决上述问题,李惠教授在深入研究原生晕轴向分带理论的基础上,密切结合热液金矿床成矿理论,根据金矿成矿成晕具有多期多阶段脉动叠加的特点,研究并发现了不同期次成矿形成的矿体及其原生晕在空间上的叠加结构。据此,不仅对原生晕轴(垂)向分带出现的“反常及反分带现象”作出了合理解释,而且提取出了更多、更好的找盲矿信息。开创了原生叠加晕找盲矿新方法,大大提高了盲矿预测的准确性和找矿效果。通过参加“八五”国家黄金地质攻关项目(90051-09)、国家黄金局项目、冶金部项目,特别是在 1996 年参加国家攀登计划项目中,使原生叠加晕方法逐渐成熟和完善,总结出了金矿盲矿预测的四种叠加晕理想模型和盲矿预测的五条准则。

(4) 原生叠加晕法发展为构造叠加晕阶段:1998 年以来,又通过参加“96-914”“九五”国家攻关项目及在十几个矿山或危机矿山找矿的实践,其研究思路、方法又有新的发展和突破,将原生叠加晕法又发展为构造叠加晕法——研究构造中原生叠加晕的方法,使研究和应用原生晕找盲矿方法又一次飞跃性发展。

(5) 研究和建立了金矿床包裹体气晕、离子晕及其叠加晕的理想模型,“八五”期间,在参加国家攻关项目“90050-10”的课题研究中,系统研究了金矿床的离子晕和气晕的特征及其轴(垂)向分带性,根据金矿成矿成晕多期多阶段叠加的特点和金矿床气晕和离子晕的分带规律,建立了金矿盲矿预测的包裹体气晕、离子晕及其叠加晕的理想模型,总结出了预测盲矿和判别金矿剥蚀程度的包裹体地球化学标志,开创了金矿包裹体气晕、离子晕找盲矿的新方法、新技术,应用模型预测取得了好的效果。

(二) 构造叠加晕预测盲矿的理论基础

(1) 热液矿床(体)具有明显的轴(垂)向分带,即每次成矿形成的矿体(晕)都有明显的前缘晕、近矿晕和尾晕——原生晕找盲矿的理论。

(2) 金矿成矿成晕具有多期、多阶段脉动叠加特点,金矿床(体)原生叠加晕是金矿多阶段脉动叠加成矿成晕的结果,金矿叠加成矿成晕包括了时间上的多阶段成矿的脉动性、继承性和在空间上的叠加性,即金矿床(体)原生叠加晕是在有相同物质来源、含矿热液成分和形成条件都有继承性变化的多阶段脉动演化所形成的叠加晕。由于每个阶段形成的原生晕在空间上叠加或衔接形式或叠加结构的多样性,所以叠加晕是一种非常复杂的原生晕。

(3) 热液矿床严格受构造控制,构造中矿体的原生晕发育特点是在矿脉上、下盘不发育,而在构造带内强度高、范围大,特别是前缘晕在矿体前缘可达几百米。研究构造中

的原生晕轴向分带及不同期次形成原生晕的叠加结构，只在构造带中采取有蚀变叠加样品，不但可强化晕的强度或盲矿预测信息，而且大大减少采样及分析工作量，比原生叠加晕法更经济、快速。

原生叠加晕找盲矿的理论发展了原生晕找盲矿的理论，构造叠加晕找盲矿又发展了原生叠加晕找盲矿方法。

(三) 新的研究思路

密切结合热液金矿床成矿理论，金矿成矿严格受构造控制，构造活动有脉动性，金矿成矿成晕不仅具有时间上的多期多阶段的脉动性，而且在构造空间上也具有不同形式的叠加结构。据此，不仅研究每次成矿形成原生晕轴向分带，而且还要研究不同成矿阶段形成矿体（晕）在空间上的叠加结构，建立典型金矿床的构造叠加晕模式，确定盲矿的预测标志，用模式和标志对深部进行盲矿预测。

构造叠加晕法的技术关键是研究和发现：①每次成矿形成原生晕的轴向分带；②不同期、次成矿形成矿体的原生晕在构造空间上的叠加结构。

(四) 构造叠加晕找盲矿新方法研制的主要成果

以新的研究思路为指导、抓住关键技术，研究了 20 多个典型金矿床的构造叠加晕特点及其叠加结构，建立了 20 多个典型金矿床盲矿预测的构造叠加晕模型：包括金矿床的构造叠加晕模式和盲矿预测标志，并总结了其共性，主要成果是：

1. 金矿不同成矿阶段元素组合

对典型金矿床不同成矿阶段（Ⅰ：黄铁矿—石英阶段，Ⅱ：石英—黄铁矿阶段，Ⅲ：金—多金属硫化物阶段，Ⅳ：碳酸盐阶段）形成矿体元素组合的研究，总结出了热液金矿床不同成矿阶段元素组合沉淀演化规律模式，其特点是：第Ⅰ阶段（黄铁矿—石英阶段）和第Ⅳ阶段（碳酸盐阶段）带来或沉淀的元素很少，Au 含量低（ $<1 \times 10^{-6}$ ），Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Hg 含量也很低，第Ⅳ阶段以 Mn 含量高为特点；Au 及 Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Hg、Mo、Mn 等主要是由第Ⅱ、Ⅲ阶段带来，其中 Au、Ag、As、Sb、Hg、Bi、Co、Ni 在两个主成矿阶段含量相近，而 Cu、Pb、Zn 的高含量则为Ⅲ阶段（金—多金属硫化物阶段）的特征。实际上，金矿床（体）的原生叠加晕的特点及其叠加结构主要取决于第Ⅱ、Ⅲ两个主成矿阶段。

2. 总结出了中国主要类型金矿床的原生晕轴（垂）向分带的通用序列

通过对 58 个典型金矿床原生晕轴向分带序列的概率统计，得出了中国金矿床的原生晕综合轴（垂）向分带序列，从上至下为：

B—I—As—Hg—F—Sb—Ba→ Pb—Ag—Au—Zn—Cu→ W—Bi—Mo—Mn—Ni—Cd—Co—V—Ti

矿体前缘及上部 矿体中部 矿体下部及尾晕

3. 金矿床地球化学参数轴向叠加的理想模型

金矿床（体）特别是大矿、富矿的形成，大多是多阶段成矿叠加的结果，根据矿床地球化学参数轴向叠加特点，可归纳为 6 种有代表性叠加结构，地球化学参数的轴向变化理想模型及用于深部预测盲矿的准则：当计算整个矿体或矿体上半部分的某些地球化学参数时，从上至下，参数 a（前缘晕/尾晕元素）由降低又转为升，即发生转折时，则是深部另一阶

段形成矿体的头部或前缘的显示,指示矿体向下延伸还很大或预测深部有盲矿存在。

4. 建立了金矿床包裹体气晕、离子晕及其叠加晕的理想模型

根据金矿多期多阶段叠加成矿晕中包裹体气晕和离子晕的轴(垂)向分带性及其叠加特点,研究了典型金矿床石英包裹体气晕、离子晕的轴向分带:前缘晕特征组分为 CO_2 、 CH_4 气晕和 F^- 、 Cl^- 离子晕及 $\bar{D}_{\text{CO}_2}$ 、 $\bar{D}_{\text{H}_2\text{O}}$;尾晕特征组分为 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子晕。

总结出了金矿床包裹体气晕、离子晕的叠加晕理想模型及盲矿预测标志。

5. 金矿盲矿预测的四种构造叠加晕理想模型

金矿盲矿预测的四种构造叠加晕理想模型(包括四种叠加结构的构造叠加晕理想模式和五条盲矿预测准则)。

(1) 金矿最佳指示元素组合: Au、Ag、Cu、Zn、Hg、As、Sb、B、Bi、Mo、Mn、Co。

(2) 前缘晕特征指示元素组合是: Hg、As、Sb、(F、I、B、Ba);

近矿晕特征指示元素组合是: Au、Ag、Cu、Zn;

尾晕特征指示元素组合: Mo、Bi、Mn、Co、Ni。

理想模式中前、尾晕元素并不是在每个矿床都出现。

(3) 四种构造叠加晕理想模型:不同期次成矿(晕)在构造空间上有多种叠加结构,根据金矿床的构造叠加晕的叠加结构的共性,总结出了金矿床叠加晕的四种叠加结构理想模式(模式图)。

模型1:单一主成矿阶段或两个主成矿阶段形成矿体(晕)同位叠加晕理想模型;

模型2:串珠状金矿体(晕)构造叠加晕理想模型;

模型3:两个主成矿阶段形成矿体(晕)部分叠加理想模型;

模型4:金矿床(体)复杂叠加晕理想模型。

(4) 五条盲矿预测准则

准则1:前(缘晕)强、尾(晕)弱准则:当金异常强度较低时,前缘晕指示元素As、Sb、Hg、B、F、I、Ba等出现强异常,尾晕指示元素Bi、Mo、Mn、Co、Ni、Sn等为弱异常,指示深部有盲矿存在;相反,前缘晕不发育,而尾晕较强,则深部无矿。

准则2:原生晕轴(垂)向分带“反分带”准则:当计算已知金矿体原生晕轴(垂)向分带序列时,出现“反向分带或反常”,即典型前缘晕指示元素As、Sb、Hg、B、F、I、Ba等出现在分带序列的下部,则指示已知金矿体深部还有盲矿存在或有第二个富集带(盲矿体)存在,若出现在矿体中部(矿体本身还未尖灭),则指示矿体向下延伸还很大。

准则3:地球化学参数“反转”准则:计算已知金矿体或晕轴向不同标高的地球化学参数(比值:前缘晕元素/尾晕元素或其累加、累乘比;或尾晕元素/前缘晕元素或其累加、累乘比)时,若其值从上至下有几个标高连续下降或上升,到已知矿体尾部突然反转,即由降转为升或由升转为降,这种变化指示已知金矿体深部还有第二个富集带盲矿体存在,若在矿体中、下部出现转折,则指示矿体向下延伸还很大。

准则4:“前、尾晕共存”准则:在已知矿体尾部有金异常的条件下,既有前缘晕指示元素的强异常,又有尾晕指示元素的强异常存在,即前、尾晕共存,指示已知金矿体深部有第二个富集带盲矿体存在,若在矿体中、下部出现前、尾晕共存则指示矿体向下延伸还很大。

准则5：前缘晕轴向下部强度增强趋势准则：从已知矿体前缘→头部→中部→下部→尾晕，前缘晕元素异常强度若出现由强→弱→强的变化趋势或由强→强→强，则指示已知金矿体深部还有第二个富集带盲矿体存在。

以上五条准则中后四条是根据不同阶段形成矿体（晕）在空间上叠加结构提出的特有标志，是据原生晕一次成矿（晕）分带理论不能解释的现象。在已知矿体深部第二个富集带或盲矿体的预测中，这些准则的有效性已得到了证实。

四种金矿盲矿预测模型，具有普遍指导意义和应用价值，但在典型矿区应用时，必须研究其特性，建立本矿床的构造叠加晕模式和盲矿预测标志，预测效果更好。

6. 创新点或技术进步

构造叠加晕的基本理论是在研究原生晕基本理论——热液矿床具有明显的轴（垂）向分带上的基础，还要依据金矿成矿严格受构造控制，金矿成矿晕在时间上的多期多阶段的脉动性及不同期次成矿（晕）在构造空间上的叠加结构。

构造叠加晕的技术进步表现在：对困惑着化探专家几十年、严重影响原生晕找盲矿效果的提高，用一次主成矿论的原生晕轴向分带理论不能解释的原生晕轴向出现的“反分带或反常或认为杂乱无章的异常现象”，根据叠加成矿成晕观点分析，则是由于深部盲矿的前缘晕叠加于上部矿体的尾部结果，不仅作出了合理解释，而且将“前、尾晕共存”、“反分带”和“地球化学参数轴向转折”的等无规律的反常现象变成了深部有盲矿存在的重要标志，大大提高了盲矿预测的准确性和找矿效果。

构造叠加晕法是研究构造中原生叠加晕，只在构造蚀变带内取有蚀变、矿化部位取样，不仅强化了异常或盲矿信息，而且减少了工作量，是原生叠加晕的又一发展。

中国化探元老谢学锦院士、矿床学家陈毓川院士、常印佛院士、叶天竺教授等给予了很高评价：“原生叠加晕发展了原生晕分带理论”，并支持出版了《大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型》（李惠主编，1998），陈毓川院士、常印佛院士和中国第一代化探专家欧阳宗圻教授为专著写了序。

对金矿包裹体气晕、离子晕找盲矿的新方法、新技术，建立的金矿盲矿预测包裹体气晕、离子晕及其叠加晕的理想模型，专家鉴定认为是在包裹体地球化学找矿方面是一个飞跃和发展，具有创新性和广泛应用价值。

二、构造叠加晕法在危机金矿山应用，取得了巨大的经济效益和社会效益

（1）找矿效果：已在二十多个金矿山应用，据统计，共提出了盲矿预测靶位200余个，预测金金属量达200t以上。目前，据部分矿山对部分预测靶位验证见矿增储的统计，就已获得金金属量63.1t，验证见矿计算金金属量大于5t的矿山有：河南秦岭金矿、文峪金矿、陕西太白金矿、山东乳山三甲金矿、蓬莱黑岚沟金矿。此外，山西大同金矿、陕西东桐峪金矿、李家金矿、河南召威金矿、山东大柳行金矿等金矿验证预测靶位都取得了很好的找盲矿效果，但还未计算储量。证明了构造叠加晕在矿山深部及其外围找盲矿是一种有效的新方法、新技术。

（2）经济效益：获得金金属量63.1t（大型金矿 $\geq 20t$ ），潜在价值63亿元，远景潜

在价值 200 亿元。

(3) 社会效益：缓解了这些矿山的资源危机，分别延长了这些矿山服务年限 5 ~ 12 年，不但取得了巨大的经济效益，而且为十几个危机矿山的几万名职工继续就业、稳定社会也取得了巨大的社会效益。

三、解决危机矿山接替资源，具有广泛推广应用价值

当前我国很多大型 - 中型有色金属及金矿山经多年开采，资源严重危机，关闭和拟关闭的矿山日益增多，已经引起了温家宝总理的关注和高度重视，2002 年曾多次批示“解决危机矿山的接替资源，在矿区深部及其外围寻找盲矿，延长矿山服务年限，具有经济和社会双重效益，是当前的一项极为紧迫任务”。构造叠加晕法是在矿区深部及外围找盲矿的一种经济、快速、有效的新方法、新技术，具有广泛推广市场和应用价值。该方法的推广，必将取得更巨大的经济效益和稳定社会的社会效益。

四、发表有构造叠加晕方法研究的专著一部、论文 46 篇

(1) 出版了《大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型》，李惠主编，冶金工业出版社，1998。

(2) 发表了有关原生叠加晕或构造叠加晕模型论文 46 篇（国际上 4 篇、国内 42 篇，见附件 2），其中有 13 篇被学会并评为优秀论文，并被“中国科技发展精典文库”、“中国创新发展研究文库”、“中国专家学术成果通鉴”、“中国现代理论文集”等 30 余家出版社收藏转载，获学会、协会或学术研究学会优秀论文奖、特等奖、一等奖论文 15 次篇，其中《金矿床轴向地球化学参数叠加结构的理想模式及其应用准则》论文被 21 家文库收藏转载，并评为优秀成果论文特等奖或一等奖，证明了该论文有很高的科学价值。

五、推广应用情况

除李惠教授为首已经在二十多个矿山直接应用：

(1) 专家引用：据查在“地质与勘探”、“黄金”、“黄金地质”、“地质找矿论丛”等地质杂志上发表的有关“矿区深部及其外围应用原生晕找矿研究及效果”论文的参考文献中，大都参考了李惠发表有关构造叠加晕专著和论文。是构造叠加晕法得到推广应用的佐证。

(2) 应邀讲课介绍构造叠加晕法：曾先后应中国地质大学（武汉）三次邀请讲课；武警黄金指挥部一总队、三总队、十支队、七支队，冶金部第一、第三及西北地勘局等邀请讲课介绍，并现场指导。

(3) 据了解，很多大专院校、科研及地勘单位在矿区深部及其外围盲矿预测中已广泛应用了构造叠加晕法，并取得了显著找矿效果。

六、获奖情况

(1) 胶东金矿原生叠加晕找矿模型研究成果(李惠为课题负责)是国家重点黄金地质科技攻关项目“我国主要类型金矿床综合方法找矿模型研究”(李惠是项目第三负责人)的重要成果之一,项目1998年获地质矿产部科技进步二等奖。

(2) 陕西太白金矿构造叠加晕定位预测示范研究(李惠为专题组长)是国家96-914攻关项目中“重要类型金矿床(体)快速定位预测的综合示范研究”课题的重要成果,项目2001年获中国有色金属工业协会、中国有色金属学会科技进步二等奖。

(3) 李惠应近二十个金矿山邀请,采用构造叠加晕法在矿区深部盲矿预测,由于找矿效果显著,山东黑岚沟项目2005年3月获中国黄金协会科技进步一等奖、山东乳山、三甲两个矿山项目成果分别获科技进步三等奖。

(4) 包裹体地球化学方法找金的研究,1996年12月,获国家黄金局科技进步二等奖。

以上奖项构造叠加晕法只是作为大项目的重要成果之一及单独一个典型金矿山研究成果获奖,而本专著是对十年来研究构造叠加晕法及找矿效果的全面总结。

(5) “金矿定位预测的构造叠加晕技术与方法研究”,2005年12月获中国冶金地质勘查工程总局科技进步一等奖。

七、专家评价意见

2005年5月25日,中国黄金协会在北京组织召开了“构造叠加晕新方法新技术研究及其在金矿区深部盲矿预测效果”鉴定会。鉴定会由中国科学院院士涂光炽先生担任主任委员,中国地质大学翟裕生院士担任副主任委员,委员由北京矿产地质研究院欧阳宗圻教授、中国地质大学赵伦山教授、王建国教授、中国科学院地质与地球物理研究所刘秉光教授、中国黄金集团公司杨志刚教授级高工组成。中国黄金协会副会长兼秘书长吕文远到会并作重要讲话。涂光炽院士代表专家组讲话并主持该课题评审。鉴定会由中国黄金协会副秘书长张永涛主持。

该成果是1994~2005年间中国冶金地质勘查工程总局地球物理勘查院完成的国家立项(7个课题或专题),原冶金部立项(3个),白银基金立项(2个)、原国家黄金局立项(4个),黄金矿山立项(22个)等38个项目的综合成果,是对1994~2005年间地球物理勘查院以李惠教授为首的化探专家研究原生叠加晕→构造叠加晕新方法、新技术及其在典型金矿区深、边部盲矿预测的全面系统总结。

鉴定意见如下:

1. 项目所提供的鉴定材料完整、齐全,符合国家有关规范和要求
2. 项目取得的主要成果有

(1) 发展了后成脉状热液矿床原生晕地球化学理论,提出了原生叠加晕和构造叠加晕的新认识。针对化探工作的实际难题,在深入研究原生晕轴(垂)向分带理论的基础上,根据金矿成矿成晕具有多期多阶段脉动叠加的特点,研究并发现了不同期次成矿形成的矿体及其原生晕在空间上的叠加结构,对原生晕轴(垂)向分带出现的“反常及反分

带现象”作出了合理解释，为有效地将地球化学原生叠加晕理论应用于金成矿预测奠定了理论基础。

(2) 开创了原生叠加晕→构造叠加晕找矿的新技术、新方法。经过二十多个矿山的找矿实践，总结提出了四种构造叠加晕的理想模式和五条盲矿预测准则，建立了一整套科学合理的从采样到预测的方法技术，为矿山深部特别是危机矿山寻找接替资源提供了一种经济、快速、有效的新方法、新技术，大大提高了盲矿预测的准确性和找矿效果。

(3) 发现了流体包裹体分带结构，建立了金矿盲矿预测的包裹体气晕、离子晕及其叠加晕的理想模型，开创了利用流体包裹体气晕、离子晕找盲矿的新方法、新技术。

(4) 在二十多个危机矿山找矿应用中，共提出了盲矿预测靶位 200 余个，预测金金属量达 200t 以上。根据部分矿山工程验证，已获得金金属量 63.1t，缓解了矿山的资源危机，延长了矿山服务年限，取得了显著的经济效益和社会效益。

总体认为，该项成果在后成脉状热液矿床原生晕地球化学理论方面具有创新性认识；开创了原生叠加晕→构造叠加晕找矿的新技术、新方法和金矿流体包裹体气晕、离子晕找盲矿的新方法、新技术；是进行热液型矿床深部找矿预测的有效手段，具有广泛的推广应用价值；该成果在金矿找矿应用中经济效益和社会效益显著，成果总体达到国际先进水平，在构造叠加晕理论和应用方面达到国际领先水平。同意通过鉴定。

建议该成果进一步加强定量化预测方面的研究。

第一篇 金矿盲矿预测的构造 叠加晕理想模型

第一章 金矿床构造叠加晕法

一、矿床（体）的原生晕、原生 叠加晕、构造叠加晕概述

（一）原生晕^[1,2]

1. 原生晕

原生晕是在矿体或其他地质体周围，赋存于岩石中的地球化学分散晕。岩石地球化学异常→原生地球化学异常→原生晕为同义语，是成矿过程中与矿同时形成的、发育在基岩中的一种地球化学异常。在热液矿床、岩浆矿床和沉积矿床成矿过程中都可形成原生地球化学异常。文中原生晕均指热液矿床原生晕。

2. 原生晕找盲矿的基础理论

原生晕找盲矿的基础理论，即热液矿床原生晕轴（垂）向分带理论。热液矿床原生晕具有明显的组分分带特征，特别是原生晕轴（垂）向分带，即每个矿体都有自己的前缘晕、近矿晕和尾晕，其前缘晕在矿体前缘可达100~300m，为找盲矿提供了重要信息，这就是应用原生晕找盲矿的最基本的依据或理论。

热液矿床原生晕分带形成是非常复杂的过程，富含成矿元素、伴生元素、矿化剂元素、控矿元素的气水热液，在内生、外界营力的作用下，沿一定构造裂隙迁移运动，气水热液中的各元素呈简单离子、配离子及复杂配合物或气体形式迁移，热液迁移过程主要是充填、渗流、渗滤和扩散，随物理化学条件（pH、Eh、*t*、*p*等）的变化，各元素的配合物相继不断破坏、沉淀。由于各元素的地球化学性质不同及在迁移过程中配合物的迁移形式和配合物稳定、破坏条件不同，造成了热液中成矿及伴生元素的沉淀有先后，在空间上形成分带，在构造体系含矿热液运移过程中，在主成矿元素沉淀形成矿体之前，活泼性弱的元素先沉淀下来形成尾晕，在主成矿元素沉淀形成矿体后，活泼性强或挥发性元素如As、Sb、Hg、B、F、Cl、I、Br、Ba等元素还要沿构造向上迁移一定距离才沉淀，在矿体前缘沉淀形成了前缘晕，与主成矿元素同时或近于同时沉淀的元素，形成近矿晕。

3. 研究原生晕的常用术语

（1）原生晕的分带：包括浓度分带和组分分带两种类型。