

金屬矿綜合地球物理勘査

余惠祥 編著

Ag

ΔT

Cu

Pb

Zn

Au

金属矿综合地球物理勘查

余惠祥 编著

中南工业大学出版社

1992年7月

金属矿综合地球物理勘查

湘新登字 010 号

金属矿综合地球物理勘查

余惠祥编著

责任编辑: 李宗柏

中南工业大学出版社出版发行

湖南平江县印刷厂印装

湖南省新华书店经销

开本: 787×10921/16 印张: 10.5 字数: 262千字 插页: 2

1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷

印数: 0001—1000

中南工业大学出版社

ISBN 7-81020-517-X/P·020

定价: 2.80元

序

本书适应找矿新形势的需要,对促进综合地球物理勘查理论的深化和发展,以及对地质勘查找矿理论和隐伏矿床的有效勘查研究方面都有重要的意义。

作者以其多年的教学实践和研究工作的丰富经验,对综合地球物理勘查这一学科的形成和发展,作了精辟中肯的分析。书中采用了富有独特见解的理论体系:把综合地球物理方法学原理、现代成矿学、应用地球物理学、信息论系统科学理论和勘查方案决策理论基础——现代决策科学,自然和谐地结合在一起。特别突出的是在阐述综合地球物理勘查基本理论时,紧扣金属矿床勘查的目的和需要,一方面将地质结构构造背景和地球物理场特点紧密联系在一起;另一方面在探讨分析岩矿背景条件时,将物性本质紧密统一起来,从而收到了针对性强,实用性好,解释运用简便的实效。因此不愧为当前诸多地球物理教材中的佳作。

全书共分七章,各章附有相应的图表,可称内容精炼、图文并茂,该书既适应于高等院校有关学科教学,也有助于物探、地质等有关专业人员的自学和理论提高。本书的迅速问世,必将对我国矿产资源的勘探普查起有效的推动作用。在本书即将付印之际,有幸先睹全稿,爱志数语,以表衷心祝贺。

吴延之

1992年7月22日

前言

随着现代科学技术的迅猛发展,人类对矿产资源的需求不断增长,露头矿、近地表矿等易识别的矿大多已被发觉。现在要找的是那些埋藏深、地表标志比较微弱,甚至无直接找矿标志的难识别又难发现的隐伏矿床。过去一些人们熟悉的找矿方法与经验,对于寻找隐伏矿藏已经不适用了,任何“先进”的单一勘查方法也很难圆满地解决寻找隐伏矿藏的问题。在新的找矿形势下,金属矿藏勘查越来越多地采用“综合勘查”方法。

实践证明,要搞好“综合勘查”,提高其预测找矿的地质和经济效益,除需要有更多的技术设备和仪器设备可供选择外,更需要相应的理论作指导。因此,加强金属矿“综合勘查”的理论的研究,是当前金属矿“矿产勘查”所面临的一项重要任务。

我校从1985年起开设了《综合物探》(即《综合地球物理勘探》课程)。本书是在此课程讲义基础上,总结近年来“综合勘探”理论和技术方法发展的新成就而编写的。

本书的基本理论体系是:“综合地球物理勘探”方法学原理——成矿学、应用地球物理学、信息论和系统科学理论;勘查方案决策理论基础——现代决策科学;“综合地球物理勘探”技术理论基础——现代检测技术和数据处理与分析理论。

全书共分八章:绪论部分概述“矿床系统勘查”、“综合地球物理勘探”的概念和特点及“综合地球物理勘探”学科的形成与发展;第一章至第四章阐述“综合地球物理勘探”的地质与地球物理基础;第五章讨论最佳勘查方案的决策;第六章介绍地球物理观测数据的综合处理和综合分析解释;第七章研究“综合地球物理勘探”在金属矿隐伏矿藏勘查中的应用。

“综合地球物理勘探”属地质学中的应用学科。因此,本书编写力求体现“地质与物理相结合”和“原理与应用相结合”的特点,以理论体系为主线,将不同分枝学科有关理论有机结合,同时又反映本学科理论中科学技术研究新成就及发展方向,以体现“工程技术”教科书的基本特点——系统性、综合性和探索性相结合。书中提出了“矿床系统勘查”及发挥“综合地球物理勘探”在金属矿勘查中作用的三个系统环节——区域成矿分析;区域成矿预测和找矿靶区优选;大比例尺立体地质填图及隐伏构造隐伏矿定位预测。

赵明昌高级工程师为拟定本书提纲提出了详细的宝贵意见,吴延之教授和程方道教授审阅了全部手稿,并提出了宝贵的修改意见。黎超群副教授和朱自强同志提供部分实例资料。在编写本书过程中,参阅和选用了有关专家教授的专著及论文资料,在此深表感谢。

限于编写时间和业务水平,书中不足之处和疵漏之处在所难免,衷心希望读者批评指正。

作者 1992年6月

目录

0 绪论	(1)
0.1 含矿系统勘查	(1)
0.1.1 含矿系统勘查概念	(1)
0.1.2 含矿系统勘查的特点	(1)
0.2 综合地球物理勘查	(2)
0.2.1 地球物理勘查及其特点	(2)
0.2.2 地球物理方法合理综合应用	(3)
0.2.3 在矿产勘查中地球物理勘查的作用	(4)
0.2.4 地球物理勘查的任务	(6)
0.3 综合地球物理勘查学科形成与发展	(11)
0.3.1 综合地球物理勘查学科形成、理论体系与研究内容	(11)
0.3.2 综合地球物理勘查学科发展简况	(11)
0.3.3 综合地球物理勘查学科发展的基本途径	(13)
1 金属矿地球物理勘查的地质理论基础	(14)
1.1 成矿控制因素	(14)
1.1.1 岩浆因素	(14)
1.1.2 构造因素	(16)
1.1.3 地层、岩相与建造因素	(17)
1.1.4 区域地球化学因素	(19)
1.2 矿产分布规律	(21)
2 金属矿地球物理勘查的岩石物理学基础	(23)
2.1 地质体的岩石—物理本质	(23)
2.2 岩(矿)石的物性特征	(25)
2.2.1 矿物的物性及其影响因素	(25)
2.2.2 岩(矿)石物理特性	(31)
3 地球物理异常及其反问题解的多解性	(46)
3.1 地质体的地球物理异常	(46)
3.1.1 不同质地球物理异常的基本特性	(46)
3.1.2 地质体地球物理异常特征的描述	(49)
3.1.3 微地球物理场异常	(49)
3.2 地球物理异常解释的多解性	(50)
3.2.1 确定地球物理异常性质的多解性	(50)
3.2.2 地球物理异常数学物理解的多解性	(52)
3.2.3 缩小解反问题多解性范围的途径	(57)
4 地质—地球物理模型	(60)
4.1 地质—地球物理模型的一般问题	(60)

4.1.1	模型的含义、分类和作用	(60)
4.1.2	地质—地球物理模型的建立	(61)
4.2	“矿目标”的物理—地质模型	(64)
4.2.1	矿省(成矿省)物理—地质模型	(64)
4.2.2	矿结(成矿带)物理—地质模型	(65)
4.2.3	矿区(成矿区)物理—地质模型	(66)
4.2.4	矿田物理—地质模型	(66)
4.2.5	矿床物理—地质模型	(67)
4.2.6	矿体物理—地质模型	(68)
5	地球物理方法合理综合的选择	(69)
5.1	地球物理方法的应用条件	(69)
5.1.1	相对明显的物性差异	(69)
5.1.2	有利的几何参数	(70)
5.1.3	相对小的干扰水平	(70)
5.1.4	仪器设备和技术	(73)
5.2	地球物理方法及其综合化的地质效果	(73)
5.2.1	地球物理方法效能和作用的定量评价	(73)
5.2.2	地球物理方法地质有效性的定量评价	(75)
5.3	地球物理方法及其综合的经济效益评价	(79)
5.3.1	地质勘查工作经济学的某些特征	(79)
5.3.2	地球物理方法的经济效益评价	(79)
5.4	选择合理综合的基本原则和方法步骤	(82)
5.4.1	基本原则	(82)
5.4.2	选择“合理综合”的方法步骤	(83)
6	地球物理资料综合处理与解释基础	(84)
6.1	概述	(84)
6.2	地球物理异常显示的可靠性评价	(84)
6.3	地球物理异常分离与显示	(88)
6.3.1	异常分离与显示的一般问题	(88)
6.3.2	微弱地球物理信息显示的方法	(88)
6.4	地质目标识别分类的基本算法	(101)
6.4.1	统计模式识别的有关概念	(102)
6.4.2	模式识别的基本方法	(105)
6.5	地质目标的分类或分区	(117)
6.5.1	单元划分及模型选取	(117)
6.5.2	特征标志的选取	(118)
6.5.3	地质目标的分类	(118)
6.6	地球物理资料综合定量解释	(120)
6.6.1	总距离法	(120)

6.6.2 回归分析法	(121)
6.6.3 统计判别法	(122)
6.7 地球物理资料的综合地质解释	(122)
6.7.1 综合地质解释的内容	(123)
6.7.2 综合地质解释的一般工作程序	(124)
7 综合地球物理勘查在金属矿产勘查中的应用	(127)
7.1 成矿地球物理分析	(127)
7.1.1 成矿地球物理分析的基本原理	(127)
7.1.2 成矿地球物理分析的基本方法和步骤	(130)
7.2 成矿预测和找矿靶区优选	(131)
7.2.1 概述	(131)
7.2.2 成矿分析法矿产预测	(135)
7.2.3 统计分析法矿产预测	(141)
7.3 大比例尺立体地质填图	(147)
7.3.1 大比例尺立体地质填图的任务和特点	(147)
7.3.2 大比例尺立体地质填图的基本方法	(148)
7.3.3 隐伏矿床(体)定位预测	(150)
主要参考文献	(154)

0 绪 论

0.1 含矿系统勘查

0.1.1 含矿系统勘查概念

地壳中不同结构层次(成矿省、矿结、成矿区、矿田、矿床和矿体等)的含矿地质区块,是由特定的地质构造,岩石建造和矿物富集体所构成的整体体系。这些特定的地质构造,岩石建造和矿物富集体等,是在统一的地质作用下,相互联系,相互作用和相互制约的一组事物。从系统论的观点讲,由这样一组事物构成的体系,称为“系统”。因此,我们把地壳中不同结构层次的“含矿体系”(成矿省、矿结、成矿区、矿田、矿床和矿体)看成是不同层次、不同级别的“地质含矿系统”——简称“含矿系统”或“成矿系统”。

现代有效的矿床地质勘查,应该是以地质成矿理论为指导,全面规划不同层次“含矿系统”的“预测—普查—评价”的工作系统,然后进行分阶段的有序的工作,即进行有目的有计划的系统勘查。

因此,含矿系统勘查包含对“含矿系统”进行“系统勘查”,前者是要研究识别的“自然系统”,后者是为研究“自然系统”而建立并实施的“工程系统”(或简称系统工程)。

0.1.2 含矿系统勘查的特点

含矿系统勘查中引进了两个“系统”的概念,使其与传统的矿产勘查相比具有全新的特点。

1.使“地质科学”和“系统科学”相结合,发展、更新对“含矿体系”的研究方法

将成矿省、矿结、成矿区、矿田和矿床等不同结构层次的含矿体系看成是一个开放系统,可在矿产勘查中将地质科学理论与系统理论结合起来。同时建立“含矿体系”的地质成矿模型,(或地质—地球物理模型,或地质—地球物理—地球化学模型)和“含矿体系”的“系统模型”。利用含矿体系的成矿模型和地质成矿理论来分析研究“含矿体系”的形成与分布规律;利用含矿体系的“系统建模”和系统科学方法从系统观点出发,从系统与要素之间,系统与环境之间相互联系,相互作用,相互制约中考察系统,分析系统的结构、系统的功能,预测系统的始末,揭示系统的现状。目前系统科学方法理论,如信息论、控制论、协同学理论、耗散结构学理论、模糊系统理论和灰色系统理论等已经在一些地质科学研究领域中得到应用,并获得了可喜的成果。因此,建立“含矿系统”概念,运用不同理论,从不同的角度来利用已获取的地质矿床信息,分析和研究同一含矿地质客体,从而提高“信息”的利用率和判断结果的可靠性,以利于更有效地预测寻找隐伏矿床。

2.按系统工程理论来组织矿产勘查

对“矿床勘查”进行系统规划,建立“预测—普查—评价”系统,可以克服以往找矿勘查中出现的“打补丁式”零敲碎打的缺点,保持矿产勘查不同阶段工作的连续性和信息利用的继承性,明确每个阶段的目的,从而能够主动地控制整个矿产勘查过程,并使其达到最优化。

建立矿产勘查工程系统是当今金属矿区地质找矿工作的特点所决定的,是克服目前找

矿难度增大的有效对策之一。要实现金属矿产勘查全过程的最优化,就要求矿产勘查工作的每一步都处于最优的状态。对地质找矿工作来说,前一步骤中的错误,有的是以后不可能弥补的。例如,找矿靶区选错了,即在无矿地区集中力量进行详细找矿,无论怎样努力,都不能找到矿。为避免这种情况,就要求矿产勘查工作作好长期战略和近期战术相结合的勘查布置。做到从成矿分析、成矿预测到普查找矿、勘探评价工作的系统规划——建立勘查系统工程。综合不同学科理论和勘探技术,在作好前一步工作的基础上,开展后一阶段的工作。

由上所述可见,“含矿系统勘查”的概念包含了运用多种理论综合指导矿产勘查、建立矿产勘查的系统工程,合理地运用多种方法、手段综合进行矿产勘查,从而使矿产勘查的整个过程实现理论化、综合化、规划化和最优化。

0.2 综合地球物理勘查

0.2.1 地球物理勘查及其特点

将物理学(或物理化学)理论与地质学理论相结合,用物理学(或物理化学)方法解决地质或地质勘查问题的方法,称为地球物理方法。运用地球物理方法进行地质勘查称为地球物理勘查。地球物理勘查与通常所说的地球物理调查或地球物理勘探的含义均有所不同。地球物理调查指的是与基础性区域地质测量相配合的地球物理测量与研究工作的,地球物理勘探则是指在矿产详查或勘探阶段的地球物理测量与研究工作的。而地球物理勘查具有更广泛的含义,它概括了从区域地质调查到矿床普查勘探乃至与矿山地质开发工作相配合的全部地球物理测量与研究工作的。有时亦可泛指各类专门的勘查,如水文勘查、工程勘查与环境勘查等。

地球物理勘查和其它地质勘查方法比较,具有许多独特的特点:

首先,地球物理勘查探测研究的是地球物理场或某些物理现象,而不是直接研究岩石和矿石。地球物理方法的探测对象——地质目标物(体),具有岩石—物理本质,而不象其它地质方法中只有岩石本质*。地球物理方法是用物理学方法来研究地质目标物(体),而地质目标物(体)又具有岩石—物理本质。因此,地球物理方的应用必须与地质紧密结合。

其次,地球物理方法勘查是通过研究地球物理场来解决地质与找矿等问题的,所以它具有透屏作用,不仅可以了解地表或近地表的地质现象,而且通过场的研究,可以获得深部地质现象信息,对未出露的深部地质目标物(体)进行研究。地球物理方法是当今快速获得深部地质信息的唯一技术手段。

第三,由于地质目标客体产生的物理场信息是客观的、大量的,采用综合物探方法,可以同时获得大面积内的大量的多种地球物理信息。它和其它地质勘查技术相比,具有成本低、效率高的特点。因此,在许多地质矿产勘查发达的国家内,采用地球物理勘查控制整个地质勘查过程,并使其达到最优化。

第四,由于不同性质的地质体可能有相同的物理场,另外地质体的大小、形状、埋藏

* 准确地说应考虑岩石本质

及产状等参数的不同组合亦可形成相同异常，这就造成了地球物理方法勘查结果解释的多解性。为了缩小多解性范围必须同时综合解释不同资料，并与地质规律密切结合。

第五，用地球物理勘查解决某一地质任务时，必须解决“两个转化”的问题：即在物探工作设计阶段，要将地质问题转化成地球物理问题，然后决定使用什么物探方法及技术以取得所期望得到的异常（信息）；在提交地质应用成果时，要将物探结果（根据地球物理异常所推断出的物性体）转化成地质语言或图示，赋予地质含义，从而去推断地质构造和矿产资源分布情况，必要时，通过地质工程的验证，最后肯定其地质效果。

第六，地球物理方法勘查的作用与效益，不仅受每种方法的应用条件和范围的影响，而且与所确定解决的地质任务，为解决这些任务所选综合方法和所采用的方法技术，资料解释方法及对资料的研究深入程度有关，同时还与工作者的经验及理论水平有关。

0.2.2 地球物理方法合理综合应用

任何单一方法的使用，实际上是揭示研究勘查对象（目标）的某一方面特征，而勘查目标是所有各方面都具有密切联系的复杂统一体。只有合理利用多种方法和手段，进行“综合勘查”，并研究制定多参数（或多条件）的“综合判别”的方法准则，才能较全面的揭示和认识“复杂体”的面貌和本质。合理使用不同种的地球物理方法进行地质勘查；可以获得多种物探方法的资料。同时综合解释几种物探资料称为物探资料的综合解释，它是缩小物探异常多解性范围的有效途径之一，也是地球物理方法综合应用区别于多种地球物理方法单独并用的主要标志。地球物理方法的综合应用，还可以在综合应用中获得所有方法单独使用时而不能获得的信息。因而地球物理方法的合理综合应用，是提高地球物理勘查的地质和经济效果，实现整个地质勘查过程（包括其中各个阶段）最优化的重要的且是最好的途径。现阶段金属矿床勘查的主要特点是寻找难以发现的隐伏矿床。寻找隐伏矿需要在成矿分析，成矿预测的基础上，再展开普查评价工作。完成这样的多阶段、多目的的工作任务，提高整个矿产勘查的地质和经济综合效果，必须采用多方法手段综合的“综合勘查”。所有这些就是当今开展综合地球物理勘查及其研究的基本原因。

综合应用几种不同的地球物理方法进行地质勘查，称为综合地球物理勘查。在我国综合地球物理勘查又常简称“综合物探”。综合地球物理勘查是以物理科学和地质科学理论为指导，用合理综合的地球物理方法，探测研究地壳不均匀介质中的地质目标物（体）密切相关联的地球物理场及其综合变化的规律，并利用这些综合变化规律有效地解决地质与找矿（或工程）问题。

综合地球物理勘查，不是几种地球物理方法同时简单的拼凑使用，而是要求不同种地球物理方法合理综合应用。

地球物理方法的合理综合应用与多种地球物理方法单独并用的主要区别在于：

(1)采用综合方法必须是同时综合处理与解释参与综合的各方法成果资料，而方法并用则是单独处理与解释各方法的资料，期间可互不相关。

(2)选择的综合方法补充的效果大于参与综合的方法单独并用时，由于方法重迭损失的效果。

(3)所选的综合方法必须是能以最少的花费，获得最佳总的地质效果，而多方法并

用。则分别考虑各单方法的某一地质效果。

地球物理方法的合理综合可以理解为将地球物理方法与各类地质和地球化学方法从地质上,从经济上作出有论证的配合,以达到用最经济花费,最短勘查周期,最充分地解决所提出的地质问题。因此,构成地球物理方法的合理综合,是一项提出某种最优方案的任务。因选择方法构成合理综合与很多因素有关,所以这项任务还不具有精确的解析解。

合理的综合,按其方法、种类、配合的方式不同,基本上可分为三类:

(1) 同一种类物探方法中不同变种方法之间的综合,称为方法内部综合,例如:磁法勘探中的天然场法和人工场法综合;电法勘探中的人工场法的电阻率法和非稳定场法等方法的综合。

(2) 不同种类物探方法进行综合,例如重、磁、电方法或重力、磁与地震等方法进行综合,这种综合称为不同种地球物理方法综合。

(3) 地球物理方法与其它地质勘查方法综合,称为不同地质勘查方法综合。

显然,不同地质勘查方法的综合,包含了不同物探方法的综合,而不同物探方法的综合则包含着同一种类物探方法中不同变种方法的综合。

由于合理的地球物理综合方法是在地质勘探过程中的一定阶段为解决具体问题和具体物理—地质条件下组成的,这就决定着综合方法将随空间和时间而变化。

综合方法在空间的变化是基于这样的客观实际,即尽管在同一阶段解决同样的问题,但在具有不同的地质结构的地段(也就是对于不同的物理—地质模型)所记录的物理场通常是不同的。

综合方法在时间上的变化与地质勘探过程的阶段有关,即与相同地区范围内研究程度的逐步提高有关。这个时间顺序从研究该区地质结构的区域特点而进行的小比例尺的地质测量开始,通过普查阶段,以详细调查结束。在同一地区内地质任务的更改,必然会引起综合方法的变换。

0.2.3 在矿产勘查中地球物理勘查的作用

地球物理勘查作为矿产勘查综合方法的一个主要组成部分,它的作用和地位越来越重要。在金属矿勘查中,地球物理勘查曾起过三方面的作用:作为地质勘查的一种辅助手段,协助解决一些地质问题;作为一种单独的手段,单独解决一些地质问题,其中包括直接找矿(测出矿体产生的物理场);地、物、化、遥感等手段作为一个整体来解决地质找矿过程中的地质问题,也就是合理综合使用多种地质勘查手段来解决地质勘查过程中的地质问题。这三方面的作用,过去主要是以辅助作用和独立地解决问题为主。随着以寻找隐伏矿床为主的形势发展的需要,今后地球物理勘查在矿产综合方法勘查中的作用将日益增加,特别是在如下几方面将发挥其重要作用:

1. 成矿地球物理分析

由于地球物理勘查方法具有透屏作用,获得深部地质信息,以及能快速获得大面积内的大量的多种地质现象的信息。因而地球物理勘查方法是唯一能获得区域性隐伏地质构造和地质现象信息的手段。对这些信息研究,可以查明区域内的控矿因素,分析研究区域内矿产的分布规律。运用地球物理方法和地球物理资料来查明地壳中矿产分布规律称为成矿

地球物理分析。

应用地球物理方法和地球物理资料进行成矿分析，其重要作用已为许多研究成矿规律的专家学者及地质工作者所公认。世界著名的研究成矿规律的地质学家，原苏联科学院士A.И.谢格洛夫在其专著中就明确指出：区域成矿分析，在其发展到现阶段，如果不采用综合方法研究具体的含矿区，全面考虑和消化全部地质资料，是不可能想象的；目前，不考虑地球物理资料已经不可能对矿床在区域范围内的分布规律进行大规模的研究。

研究和掌握含矿区的成矿规律，可使我们真正从科学立场来规划矿产勘查工作。在寻找隐伏矿床时，成矿规律的研究具有特别重要的意义，综合地球物理勘查将在这一重要领域里发挥其重要的独特作用。

2. 隐伏矿床的预测普查

由于当前近地表的矿产资源日益减少，现在要找的矿主要是盲矿、隐伏矿、深部矿、难找矿和难认矿，因而使找矿难度增大，找矿的成功率和找矿效益下降。为了提高找矿成功率和找矿效益，要在成矿学的理论指导下，对地质、地球物理、地球化学和遥感地质等技术手段和方法所取得的地质找矿信息进行综合研究，总结区域成矿规律，建立区域的成矿床的成矿模式和找矿模式。对研究区（或预测区）内尚未发现而将来可能发现的矿产资源作出预测评价，圈定不同级别的成矿预测区和找矿靶区。这称为区域的和矿区成矿预测，在成矿预测中，综合地球物理勘查的作用，可归结为二方面：第一为矿产预测提供其它地质方法手段无法提供的大量区域和深部的各种地质与矿化信息，第二作为一种独立预测方法（地球物理成矿预测法）或是综合预测方法（如地质—地球物理预测法，矿产综合信息预测法）的组成部分参加成矿预测。在隐伏矿产预测中，不论就哪方面而言，综合地球物理勘查的作用都将越来越重要。

隐伏矿产的普查找矿，综合地球物理方法是所有地质找矿方法中既经济且有效的主要方法。它将在提高寻找隐伏矿床工作的地质经济综合效益中，起举足轻重的作用。

3. 立体地质填图与隐伏矿床定位预测

由于地表矿越来越少的严峻事实，迫使广大地质工作者向三维空间发展，积极开展三维空间的找矿活动，寻找深部的隐伏盲矿体。根据报导，世界各国的地质找矿工作由过去主要集中在100m内，进而向深度1000m发展。

近20年来，世界各国凡是在找矿中取得新突破的单位与地区，在很大程度上是开展立体地质工作的结果。例如澳大利亚矿产勘查界70年代中期取得了两项重大的突破，即1974年在完全风化的覆盖层掩盖区发现了世界有名的埃鲁腊隐伏铅锌银矿藏；1975年在一片荒漠中发现了规模巨大的奥林匹克贝隐伏铜铀金矿。如若不是运用地质、物探、化探和遥感，其中特别是物探和遥感方法^{*}，从三维空间获取尽可能多的地质、构造和矿化的信息，就很难在完全风化覆盖区和荒漠中选取有利远景区和勘探靶区。

所谓立体地质工作，与多年来提倡的地质、物化探相结合评价异常是不完全相同的概念。评价异常的目的在于直接找矿，而所谓立体地质工作则是以弄清有利成矿区域深部地质构造等成矿环境和可能的矿化显示为其目的。在此基础上检验和修改初步建立的勘查模式，以便有效地寻找隐伏矿床，以此目的开展的地质、物化探和遥感工作不应该是检查评

^{*}实质上遥感本身就是一种物理方法，国外均把遥感归属地球物理方法。

价矿点那样“打补丁”式的、零碎的、不系统的、孤立的工作，而应该是有系统、有步骤、有目的，采用合理综合方法手段的工作。

由于地球物理方法具有很强的穿透能力，勘探深度大，有研究地壳三维空间的独特能力，而且勘查成本相对其它勘查方法手段要低，因此地球物理勘查在立体地质工作与寻找隐伏矿床中是先行的主要方法手段。综合地球物理勘查在立体地质工作和隐伏矿的定位预测中作用可归结为如下二方面：

第一，根据工作地区各类地质体的岩石—物理本质（但不止是岩石的本质，也不止是物理本质），选用合理的综合地球物理方法，综合其它地质方法手段，查明与成矿有关的深部地质构造，确定隐伏地质体的物理和几何参数，为提高三维空间成矿预测的置信度，提供立体地质信息。

第二，运用已经建立起来的综合找矿模式，选用合理的综合物探方法，并综合运用其他地质找矿方法手段，捕捉并解释各种成矿信息，去寻找隐伏矿床。

4. 实现整个地质勘查工作的最优化

矿产勘查中的主要矛盾是勘查范围的有限性与矿床产出的局限性及矿床特殊的变化性。显然，在三维空间里，勘查程度越高，发现矿床的概率就越大。但勘查成本越高，勘查周期也越长。如何用最少的经济花费、最短的勘查周期获得最多的矿产储量，这就是矿产勘查工作的最优化问题。如何实现整个矿产勘查工作的最优化，国内外经验都证明，合理应用综合勘查方法，用综合物探方法控制矿产勘查过程并使其达到最优化，是实现整个矿产勘查工作最优化的重要途径之一。其主要原因是：

第一，物探方法快速获得区域的和深部的地质信息，合理地综合运用物探方法和其它地质勘查方法，可以控制和加速勘查工作进度，缩短整个矿产勘查周期。

第二，物探方法所获得的大量地质信息，从深度和广度方面扩大了人们对地质情况的认识，有利于增强人们对矿床成因和分布规律的认识，提高找矿效率。

第三，将物探方法与地质工程手段综合运用，可以减少地质工程而不降低勘探精度，从而减少探明矿产储量的单位成本。

深化矿床分布规律的研究和认识，加强三维空间地质基础工作，促进整个矿产勘查工作的最优化，是发展地质矿产勘查事业，提高矿产勘查总的经济效益的主要环节。重视和充分发挥物探方法在这环节中的作用，正确合理地使用综合地球物理勘查，是每个地质工作者不可忽视的重要问题。

0.2.4 地球物理勘查的任务

地球物理勘查的具体任务与地质勘查工作阶段及其任务密切相关。矿产勘查工作阶段的划分各国有所不同，我国和原苏联基本上相同。1987年全国矿产储量委员会、国家计划委员会和国家经济委员会颁布了“矿产勘查工作阶段划分的暂行规定”，将矿产勘查工作整个过程分为五个阶段，即区域地质调查、普查、详查、勘探和矿山地质开发工作。不同阶段的工作比例尺，主要的地质任务，主要的方法技术手段及所取得的综合信息资料是不同的。不同勘查阶段综合地球物理勘查的主要任务及其主要方法技术等列于表0-1^[9]。此表仅供类比参考，而不是实际工作的标准规范。在实际工作中接受任务时，必须根据具体的地质—地球物理条件而定，并选用相应的方法技术。各地质勘查阶段中，物探工作任务能

表 0-1 金属矿区系统物探工作综合表

阶段	分阶段	主要的地质任务	主要物探方法	地质—地球物理资料
I	I	II	N	V
区域地质调查	1. 区域物探研究比例尺, 1:1000000—1:500000	1. 研究深部地质构造 2. 根据物探资料作区域性大地构造分区及含矿区的划分 3. 提供区域地质构造基础 4. 研究矿产区域分布规律和区域成矿预测	1. 卫星地球物理(磁、重力和电磁)测量 2. 区域航空物探(磁、电磁、重力、热辐射)及地面重力测量 3. 深部电法勘探, 大地电磁剖面, 大地电磁测深, 偶极赤道测深, 建立场测深, 垂直场测深等方法 4. 深部地震勘探, 深部地震测深, 反射波法, 对比折射波法及天然地震工作	1. 小比例尺物探平面图及剖面图 2. 深部地质构造图 3. 大地构造分区图 4. 构造—地球物理图 5. 区域成矿预测单元图
	2. 中比例尺地质图, 比例尺为: 1:200000的区域的区域物探工作	1. 研究成矿区的地质构造条件 2. 成矿带和含矿带的划分 3. 确定普查标准 4. 研究赋矿层下褶皱基底的成分 5. 研究成矿区的矿床成因及比例尺成矿预测	1. 中比例尺航空物探(磁、电、伽玛、热辐射) 2. 中比例尺重力测量 3. 构造电法: 垂直电测深, 偶极电测深, 对称电剖面 4. 区域地震勘探, 对比折射波法, 反射波法及天然地震工作 5. 异常的地质检查、验证的填图并 6. 基准井和填图井的测井 7. 配合作踏勘性地球化学研究	1. 中比例尺物探平面图及剖面图 2. 岩石物性图及剖面图 3. 控制层及标准层的等值线图 4. 褶皱基底的构造—岩性及地质剖面图 5. 中比例尺成矿预测单元图 6. 地球化学场图(分散流和分散率)。

续上表

阶段	分阶段	主要的地质任务	主要物探方法	地质—地球物理资料
I	I	I	N	V
矿床普查	3. 大比例尺地质图 比例尺: 1:50000 —1:25000 ①超前的 物探工作 ②同时的 物探工作	1. 为普查提出依据剖面作地区地质研究 2. 查明含矿构造、建造和矿点 3. 精确普查标准及确定普查标志 4. 解决地质测量中所出现的部分地质问题 5. 划分成矿远景区及大比例尺成矿预测	1. 大比例尺航空物探(磁、电、伽玛、热辐射) 2. 地面电法, 地质填图(垂直电测深, 偶极电剖面, 对称电剖面) 普查(自然电位, 激发电位, 过渡程法) 3. 大比例重力测量——选择剖面或面积测量(覆盖区) 4. 地震勘探——剖面(出露区)和面积(覆盖区)测量 5. 异常的地质检查、验证的填图和测井 6. 相配合的地球化学测量	1. 大比例物探平面图及剖面图 2. 岩石物性图及剖面图 3. 控制层及标准层的等值线图 4. 标准基底的各图剖面图 5. 大比例尺成矿预测单元图 6. 地球化学场图
	4. 比例尺 为 1:50000 —1:25000 的专项(一般性)普查	1. 普查矿点, 含矿构造, 建造、变质作用带和矿化带 2. 评价物探异常发现矿产的远景 3. 精确地质基础和普查标志 4. 划分矿床的矿田 5. 矿产的局部预测和预测储量估算	1. 大比例尺和详细的航空物探测量(伽玛、磁) 2. 普查性的航空电法; 过渡程法、无限长际线法、旋转磁场法、偶极感应剖面超长就无线电流对比法 3. 地面电法——普查和详查 4. 重力——普查和详查 5. 含矿构造的地震勘探(剖面或面积) 6. 异常的地质检查和验证的山地——钻井工作 7. 配合作岩石化学测量——详查和深部测量(覆盖区) 8. 测井和地下物探、井中化探	1. 补充的大比例尺物理场图, 地球物理和岩石物性剖面图 2. 标准层和标准层的精确等值线图 3. 含矿构造、矿田和矿带分布图 4. 精确的地质图及剖面图, 地貌构造图 5. 矿产的局部观测图, 矿产量估算 6. 出露及隐伏的次生晕地球化学图

矿产普查	5. 矿床评价工作比例尺: 1:10000—1:5000	1. 包括探部矿床在内的矿床普查 2. 成矿远景地段、异常及矿点的研究 3. 找矿构造单元、含矿层和矿带的划分 4. 预测储量估算, 部分按 D 级估算, 选择勘探目标	1. 地面磁法, 伽玛能谱和核物理测量 2. 地面电法——普查和填图性的方法 3. 重力——普查和填图 4. 矿田地壳勘探(剖面或面积) 5. 地质检查——验证的山地——钻井工作 6. 配合作地表岩石化学测量(出露区)和探部地球化学测量(矿温区) 7. 井中物探(测井和井中地球物理)和井中化探	1. 详细的物理场图, 地球物理和岩物性剖面图 2. 出露和隐伏次生晕的详细地球化学图, 详细地段的原生晕图 3. 矿田构造图 4. 钻井之间的含矿性(根据遥测数据) 5. 自然产状下矿石物质成分的定性和定量估计 6. 按预测和 C₂ 级储量估算
矿床详查	6. 矿床的初步工业评价, 比例尺: 1:5000—1:1000	1. 划分矿体, 确定其产出条件、形态及构造 2. 评价井间, 井附近及井外空间的含矿性 3. 研究矿床的地质—构造位置 4. 在自然条件下和实验室内对矿石进行定性和定量估算 5. 对矿床作初步工业评价(按 C 和 D 级)选择详勘目标	1. 比例尺为 1:2000—1:1000 的地面物探(电、磁、重、放射性和核物理)和化探工作 2. 矿床的地震勘探 3. 勘探井测井, 地核物探 4. 样品的核物理分析, 光谱分析和原子吸收分析 5. 矿床的地球物理模拟	1. 详细的物理场和地球化学场图 2. 地球物理、岩石物性和地球化学剖面图 3. 矿床的地质构造条件图和矿层分布图 4. 关于矿体的连续性、空间位置、形态和成分的井及坑道地球物理资料 5. 在井中, 坑道和实验室内对矿石物质成分的定性和定量估计 6. 供矿床初步评价用的地面, 井中地球物理和地球化学综合资料