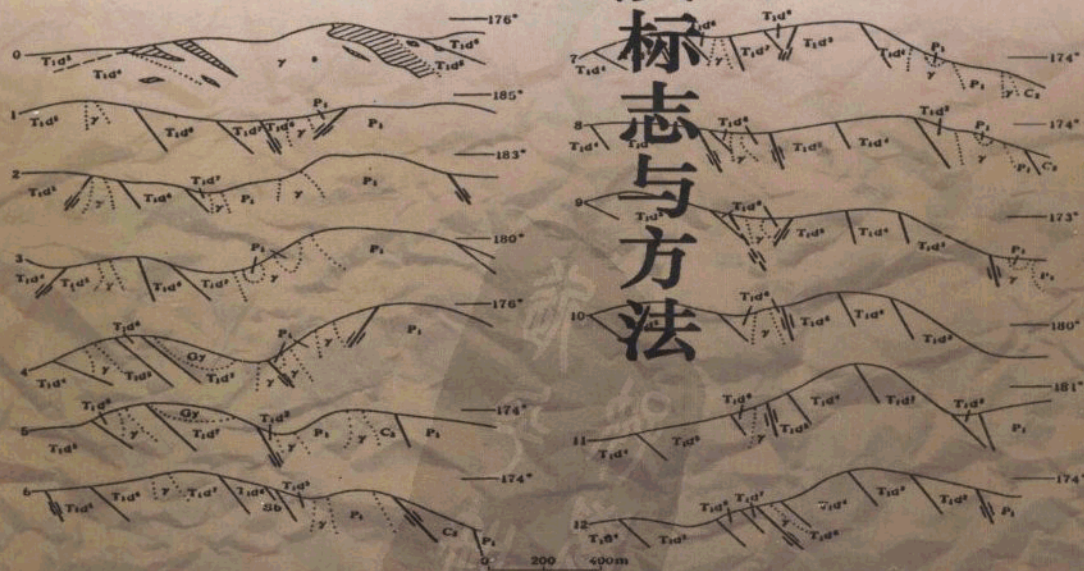


矿体定位

预测的地质标志与方法

龙昱著
中国地质大学出版社

国家自然科学基金 (49373185和49872090)
原地质矿产部定向基金[92-18]资助项目



序 言

“人无远虑，必有近忧”，“凡事预则立，不预则废”和“山雨欲来风满楼”等成语都蕴藏着预测的重要性和预测的特征。预测是现代社会不同学科广泛应用的方法之一，如社会、经济、科技、气象、军事、地震和矿产资源等方面的预测，已逐步形成一门独立的学问——预测学。根据预测的基础和对象可区分为：

(1) 数值预测。如以统计学为基础、以统计量为对象的统计预测，例如以“灰论”为基础、以信息“白化”为对象的灰色系统预测，以及模糊预测等。

(2) 机理预测。如以物理运行机制为基础、以表现形式为对象的特定理论分析预测，包括时空上的分布规律，例如矿产资源的空间分布规律的预测等。

(3) 前兆预测。如以历史或经验为基础、以相互之间因果关系为对象的标志预测，例如地震预测预报中地震前兆标志的监测等。

(4) 综合预测。如以多学科方法为基础、对不同方法的结果进行各种组合的预测，通常用于解决机理不清、风险性较大的问题，是一种应用较广的预测方法。

(5) 信息预测。以信息学为基础、以信号为对象的信息预测。

另外，根据不同问题的性质，预测模型可以区分为确定模型和非确定模型。

从地质空间分析角度出发，矿体(内生金属)定位预测中的“定位”几何意义有：一维的方向或方位、二维的部位或深度、三维的空间范围。一维定位，主要解决成矿带中或已知矿床、矿体和矿化点外围的待查矿体方向或方位和距离。二维和三维定位是对一维预测在某个空间范畴的限定，并在此基础上的延伸。如找矿靶区的评价和筛选、控矿构造部位分析、矿体空间特征分析等。因此，矿体定位预测的地质标志应包括：赋存矿体的地质环境研究，矿化标志选择和空间特征分析。本书的预测地质标志主要指示：构造标志——特殊构造部位的定量研究；矿化标志——指野外能识别的各种矿化或蚀变特征定量分析。针对本书所研究对象的特点，作者采用了不同的预测方法，具有单一预测方法和综合预测方法兼容的特点。书中部分章节为单一预测方法，部分章节为综合预测方法。

矿体定位预测是大比例尺成矿预测、找矿标志的优化组合、找矿靶区的筛选等的深入的研究，也是系列成矿预测研究的最后关键环节。仅就矿体定位预测的目的而言，是要解决小范围内(一般小于 1km^2)：① 哪里是勘探验证的首钻部位，可能存在的矿体埋深和矿体的规模；② 在首钻勘探验证过程中的动态监测，能对原首钻设计的及时修正，降低找矿成本以获得最大经济效益；③ 对已有少数钻孔验证地段，确定矿体存在的最佳要素(再次验证的孔位，矿体深度，矿体规模，包括对已验证过的找矿靶区的重新评价)。这是系列找矿预测研究中的根本所在。为此，国家自然科学基金委员会和原地质矿产部在“八五”和“九五”期间资助了系列课题，从多方面开展了成矿新理论和预测标志的研究。本书的内容是这系列研究中的一部分，历时近10年，主要特色体现在：

指导思想1：成矿作用是一种涉及诸多因素和条件的复杂动力过程，但客观世界中众多因素和条件相同或相似的动力过程是极为特殊的情况，而生产过程中最为迫切需要解决的是：各

种成矿动力标志在空间上发展态势与预测目标要素(可能存在矿体的部位、深度和规模)之间的关系。为此,课题组选择能直接反映成矿动力特征的地质标志(包括矿化裂隙的构造、几何、物理、化学特征等)为研究对象,力图探索出这种空间变化的对应关系及其规律。

指导思想 2:在定量研究中研究对象迁就、满足量化方法的需要,以及研究客体的信息取向研究方法、手段靠拢,受方法、手段的制约,还是客观系统地反映研究对象中存在不确定地质信息的特征,使量化分析方法向研究对象靠拢,满足研究对象的需要而扩充或修改,是两种不同的分析思想。针对地质信息的各种非确定性、区间性、非规则性、小样本性等,将灰色系统方法、分形方法和工程地质中的网络测量相结合,最大限度地降低已知地质信息的各种非确定性,使分析方法更具有针对性、客观性和可靠性。

野外手段:矿位预测中常存在各种不同层次、不同方面的不确定的因素和偶然因素,白化方法唯一性的最优解,往往在实际应用或验证时,变为次优,甚至劣优,但用非确定的思想与方法,不论系统的因素与影响如何,只要在系统分析中充分考虑,并采用适当的白化方法与多渠道的相互验证,系统的实际最优解决不会超出信息域的最优解。因此,采用近观与微观、直观与仪器相结合,从空间网络场的角度,高密度地收集有关地质信息,使系统分析的结果具有可靠资料基础。

本书的研究内容是课题组在国家自然科学基金(49373185,1994—1996 年和 49872090,1999—2001 年)和原地质矿产部“直科定”(92-18,1992—1994 年)资助下与湖北省地质研究所(杨明银)、湖北地质矿产局、鄂东南地质大队(魏世昆、郭学全、卫才胜、易建军、周安保、邱少群、高永胜等)和江西省地质矿产局、赣西北地质大队(曹钟情、余忠珍等)共同完成。其中矿化裂隙的网络分析由中国地质大学易顺民副教授负责,矿化裂隙的物理性质由周汉民教授负责,矿化裂隙的磁学特征由刘育燕教授指导完成,多重分形参数的条件预测部分由杜伯仁教授与作者共同完成。全书由龙昱同志根据课题组和合作者已发表的论文为基础撰写而成,并对分析方法作了较详细的系统补充。全书既具有整体的连贯性,各章也可单独阅读。因经费等原因,与矿体定位预测有关的序度分析、矿化裂隙低温电性标志、微观矿化裂隙的图谱分析、找矿标志的网络分析、多层次综合预测模型和物探化探方面的系统应用未能在本书中与读者见面,是本书的一大遗憾,但部分相关内容可见本书参考文献 17 和 18。由于时间和水平有限,书中必然存在不妥之处,敬请专家和读者指正(邮编 430074,湖北武汉,中国地质大学,地球科学学院)。

最后,对在完成本书内容研究过程中给予大力支持的原湖北省地质矿产局薛迪康总工、鄂东南地质大队余元昌总工和江西省地质矿产局杨建国总工、赣西北地质大队郭正文总工等有关领导表示衷心的感谢!

作者

2001 年 8 月

目 录

第一章 定量分析的数据采集	(1)
§ 1.1 数据采集与步骤	(1)
§ 1.2 误差分析	(3)
§ 1.3 断裂(层)构造数据采集	(5)
§ 1.4 褶皱构造数据采集	(8)
§ 1.5 矿体定位预测的数据采集	(9)
第二章 数据预处理	(13)
§ 2.1 数据特征	(13)
§ 2.2 数据预处理意义和基本要求	(14)
§ 2.3 数据结构与模型关系	(15)
§ 2.4 数据预处理方法	(16)
第三章 主要分析方法	(19)
§ 3.1 GRM 模型	(19)
§ 3.2 GRM 分析的序特征	(24)
§ 3.3 GM 模型	(29)
§ 3.4 SM 模型	(38)
第四章 控矿构造等方面的定量研究	(45)
§ 4.1 实例地质背景	(45)
§ 4.2 控矿构造的定量分析	(45)
§ 4.3 矿化因素与成矿远景区分析	(48)
§ 4.4 侵入岩分类研究	(50)
§ 4.5 断裂空间延伸距离的 GM 预测	(51)
§ 4.6 断裂判别等方面的定量研究原理	(52)
第五章 断层(裂)内部结构与矿床空间关系	(54)
§ 5.1 研究意义与实例地质背景	(54)
§ 5.2 控矿断裂构造 GM 模型	(55)
§ 5.3 控矿断裂构造 GM 模型分析	(61)
§ 5.4 小 结	(63)
第六章 褶皱构造与矿床空间关系	(66)
§ 6.1 研究意义与实例地质背景	(66)
§ 6.2 褶皱空间变化参数的确定与区段划分	(68)
§ 6.3 枢纽参数空间特征的 GM 模型	(69)

§ 6.4	翼部参数空间特征的 GM 模型	(74)
§ 6.5	参数的关联特征分析	(77)
§ 6.6	小 结	(80)
第七章	构造特征与找矿有利部位分析	(82)
§ 7.1	地质概况	(82)
§ 7.2	基本构造特征	(84)
§ 7.3	找矿前景分析	(86)
§ 7.4	结论与问题	(87)
第八章	矿田围岩蚀变与矿化特征的定量分析	(88)
§ 8.1	概 述	(88)
§ 8.2	蚀变、矿化结构 GM 模型的建立	(88)
§ 8.3	蚀变、矿化 GM 模型分析	(92)
§ 8.4	小 结	(95)
第九章	矿化裂隙规模概率统计分析 & 分形研究	(97)
§ 9.1	概 述	(97)
§ 9.2	矿化裂隙统计特征	(99)
§ 9.3	矿化裂隙规模估算	(101)
§ 9.4	矿化裂隙隙宽概率统计分析	(102)
§ 9.5	矿化裂隙的概率模型模拟	(102)
§ 9.6	矿化裂隙连通网络模拟	(104)
§ 9.7	矿化裂隙的分形统计分析与 GM 模型	(107)
§ 9.8	矿化裂隙的显微分布特征与 GM 模型	(110)
第十章	预测标志优化与靶区筛选	(113)
§ 10.1	研究意义与实例地质背景	(113)
§ 10.2	典型矿床外围矿化标志的分析	(114)
§ 10.3	不同矿化标志关系的分析	(117)
§ 10.4	靶区筛选与隐伏矿预测	(119)
§ 10.5	岩石磁学特征	(124)
§ 10.6	ZK ₂₀₁ 钻孔(陈子山—柳家堅)岩石磁学特征	(127)
第十一章	多重分形参数的条件预测方法	(129)
§ 11.1	条件小样预测概述	(129)
§ 11.2	条件小样预测实例	(129)
§ 11.3	条件小样预测步骤与推论	(131)
参考文献		(133)

第一章 定量分析的数据采集

§ 1.1 数据采集与步骤

一、基本思路与要求

1. 思想方法

在定量研究中是研究对象迁就、满足量化方法的需要,研究客体的信息获取向研究方法、手段靠拢,受方法、手段的制约,还是客观系统地反映所研究对象中存在的非确定信息的特征,使量化方法向研究对象靠拢,满足研究对象的需要而扩充或修改是定量研究中两种不同的分析指导观。

2. 定量分析三大环节

定量分析的三大环节是指数据采集、数据的归一化处理和模型的选择。

数据采集 是指通过一系列的有关技术处理,采用数值化的方法客观反映所研究对象在空间上分布的特征(包括局部特征和整体特征),并达到特定目的(定量分析)的技术要求。

数据归一化 是针对不同物理量纲,或相同物理量纲,但是数量级变化悬殊的数据,为满足定量分析方法的需要而进行的数学变换。详细方法见第二章(§ 2.4)数据预处理部分。

分析模型的选择 是指分析的数学模型特性(模型分析的敏感性、稳定性和模型参数的选择等)与数据结构特征(指数据个数的多少、变化范围、波动幅度和有序数据的残缺性等)的接近程度。

3. 数据采集的科学性

数据采集的科学性包括合理性、客观性和准确性。这三个方面在数据设计及采集时,必须同时考虑。

合理性 是指采集的数据在空间上能覆盖所研究对象的分布范围、数据采集点的分布较均匀、数据的结构特征,特别是空间有向分布数据的结构特征符合定量分析模型的技术要求。

客观性 是指采集的数据具有明确的针对性,地质意义或物理意义明确,并且在一定范围内具有代表性和研究空间上分布的普遍性,从而保证所采集数据具有客观真实性。

准确性 是指数据采集的标志,在客观上容易识别、鉴定,数值的量化方法简明,操作可行,使得各种因素造成的误差不会造成定量分析结果性质的改变,为定量模型分析的结果奠定可靠的基础。

二、数据采集技术要求与方法

定量分析的地质数据主要有地点明确的确定性数据或非确定性数据,小范围内的统计数据或由系列剖面组成的地质结构数据,或称地质结构参数(在不引起混淆的情况下两者不加区别)。针对不同类型的数据,其采集的技术要求与方法也有所不同。

1. 数据采集的技术要求

(1) 数据表示的技术要求 数据表示的技术要求是指除正常的数据采集外,由于各种客观条件的限制使得数据采集标志的量化难以用唯一的确定数值表示时,必须考虑用区间数、大于数、小于数或非确定数等来反映数据的客观特征。

(2) 数据空间分布的技术要求 数据空间分布的技术要求是指:① 对不同地质剖面组成的数据,不同剖面的方向应该大体平行和相互之间的间距不能相差太大,并且各剖面所反映的地质含义一致;② 对于由不同确定地点的数据组成的空间有向数据剖面,其内部的数据采集点应在同一直线附近,不同数据点的间隔不能变化太大;③ 对于矿体定位预测的不同数据剖面,应考虑所有剖面的交汇范围尽可能地缩小到最低程度;④ 要充分考虑不同地点的数据结构特征(包括数据的指标、个数、顺序等)。

(3) 残缺数据分布的技术要求 残缺数据分布的技术要求是指残缺数据在空间上不能相邻分布,并且残缺数据的个数必须远远小于正常数据的个数。

2. 数据采集的方法

(1) 数据的类型 根据数据的物性特征可分为几何数据(GD)(包括宏观几何与微观几何数据)和物理数据(PD)。根据产出的地点可分为野外直接获得数据(FD)和室内数据(HD)(包括仪器分析和镜下观测数据等),以及结构数据(SD)和网络数据(ND)。另外还可分为直接数据(DD)和间接数据(ID)、简单数据(SID)和统计数据(STD)、化探数据(CD)和遥感数据(RSD)等。

(2) 采集方法 与本书内容有关的野外数据采集方法通常有:系列实测地质剖面 and 图切剖面,矿化裂隙的网络测量和几何特征的统计测量,矿化裂隙电性特征的测量,实地或钻探岩心简单观察测量。

(3) 数据表示方法 通常有表格法、实测地质剖面法和结构数值剖面法(见图 1-1)。

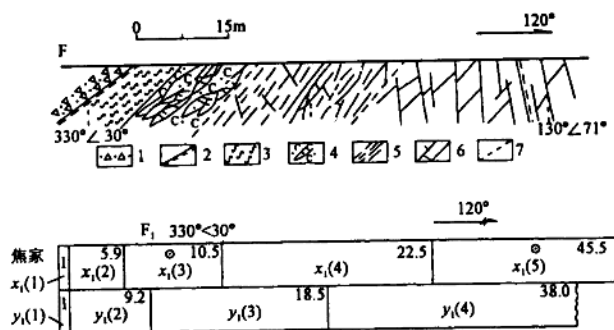


图 1-1 焦家金矿床实测地质剖面与结构数值剖面对比图

1. 断裂破碎带;2. 挤压片理带;3. 构造透镜体带;4. 密集节理带;5. 节理带;6. 稀疏节理带;7. 推测断层

3. 数据采集的步骤

数据采集的步骤见图 1-2。

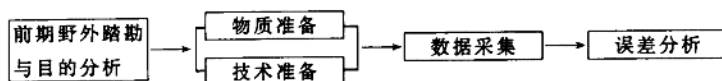


图 1-2 数据采集步骤的流程图

4. 技术准备

技术准备包括:

- (1) 定量分析方法对数据结构特性的要求。
- (2) 数据量化标志与量化方法的确定。
- (3) 数据采集空间范围与内部点、线、距离和高程的设计。
- (4) 标志量化的参照系的选取。

标志量化的参照系的选取是指:情况 A,当由于各种条件的限制使得局部标志的量化难以正常进行时,需要选择统一的参照系和适合的方法来量化该处的标志数据(参见 § 6.2)。情况 B,当进行不同点的有向数据采集时要进行有向数据的空间分解,这种分解必须在统一的参照系下进行。情况 C,当空间上不同点的数据要进行高程或平面与剖面变换,要考虑统一的参照系。

§ 1.2 误差分析

误差是指主观对客观的表述偏离到一定程度,从而造成特定目标认识、分析、失真程度的一种刻化。误差分析是定量分析的一个不可缺少部分,是提高定量分析结果的可靠性和准确性的一个重要因素。从理论上讲,定量分析的各个环节以及有关的各种因素均可使分析结果产生不同程度的误差,问题是如何将这种误差控制在不影响特定目标分析的范围内。对整个定量分析过程而言,误差分析包括:误差产生的因素序列分析,各因素的误差特性与误差量分析,解决误差的对策和方法选择,以及系统误差的评估。

一、误差类型

根据各种因素产生误差的先后顺序(图 1-3),可将产生误差的因素分为四种类型。

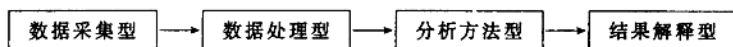


图 1-3 误差因素产生顺序图

1. 数据采集型

数据采集型指数据采集过程中产生误差的各有关因素,包括:

- (1) 前期主观因素,指数据采集标志的理解、识别、鉴定的差别。
- (2) 量化标志因素,指量化标志的清晰程度。
- (3) 量化标志的判别因素,指因人而异确定标志量化位置的差异。
- (4) 参考系因素,指标志量化需要参考系才能确定标志的空间量时,因参考系不同或参考系难以操作而产生的差异。
- (5) 读数和仪器因素,指读数产生的误差和仪器分辨率产生的误差。
- (6) 量化方法因素,指计算方法对特殊数(如边界数、区间数、大于数和小于数等)的技术处理而产生的误差。
- (7) 表示性因素,指统计性数据中的代表性数值,如平均数、中位数等的选取而产生的差异。
- (8) 区位因素,指将不同研究单元的数据混淆而产生的误差。

2. 数据处理型

数据处理型指在对定量模型分析前进行数据预处理过程中产生的误差因素,包括:

(1) 无量纲化因素,指不同结构的数据在无量纲化处理过程中造成原数据结构的改变,从而产生的误差。

(2) 归一化因素,指某些数学模型为解决不同数据列的对比,要将原数据变换到统一分布区间内或寻找统一的对比参考点,如平均值、初始值或终止值,极大值或极小值等的不同而产生的误差。

(3) 特殊数据因素,指对非确定数、灰数等特殊数的处理不同而产生的误差。

(4) 残缺数据因素,指对残缺数据的处理过程中采用不同技术与方法所产生的误差。

3. 分析方法型

分析方法型指从数学模型分析到模型的优化、决策过程中的各环节或“因素”所产生的误差因素,包括:

(1) 模型因素:① 模型特性与数据结构不尽吻合造成的误差;② 模型参数的选择不同造成的误差;③ 信息的利用程度不同造成的误差;④ 计算中的变换不同造成的误差。

(2) 参考系因素,指模型分析选择的不同参考系所造成的误差。

(3) 优化因素,指模型优化过程中的优化标志的选择造成的误差。

(4) 决策因素,指决策过程和决策因素的不同造成的误差。

4. 结果解释型

结果解释型或称后期主观因素,指从定量分析结果,到对问题解决过程中不同环节或“因素”所产生的误差,包括:

(1) 对定量分析结果的理解不同造成的误差。

(2) 对定量分析结果的综合或系统解释的不同造成的误差。

(3) 对构造背景和地质条件的影响的看法不同造成的误差。

(4) 对分析结果与问题解决的接近程度的评估不同造成的误差。

二、降低误差的途径和方法

1. 途径

通常采用的途径有:

(1) 在定量分析设计中充分考虑产生误差的各种因素,使误差因素降低到最低程度。

(2) 排出产生误差的因素序列,找出相邻因素关系的特征(如误差叠加关系或独立关系等),对影响最大的因素,加强技术处理,即多方面降低误差程度。

(3) 对主观因素,统一认识。对不同主观因素做到专人一个标准来完成有关的技术工作。

(4) 对客观因素,细化标志,分解因素,多方法验证。

2. 方法

常用的方法有:

(1) 误差控制法,是较常用的方法,即将误差控制在特定的数值内。

(2) 特殊度量法,是通过特殊数来表示一时难以确定的数,如区间数、大于数、小于数和非确定数等。

(3) 误差分配法,指能确定整体的数值时,可将误差分配到各个子系统中。

(4) 算法,指通过特定的计算过程,使不同类型的误差相互抵消(如正向误差和负向误

差,不同区间的分隔、区间加密等),从而达到降低误差的目的。

(5) 特征值法,对于分布一定范围内的数值,一定条件下,可采用特征值法。

(6) 转换法,通过数学变换使数据结构更符合模型的要求,将数据误差的影响降低到最低程度,如指数、对数的变换或逆变换和比值变换等。

三、误差评估

(1) 阶段性评估是将定量分析的不同阶段分别进行误差评估。

(2) 系统分解评估是将系统进行分解,对子系统评估后,再进行母系统的评估。

(3) 综合评估是通过不同的途径或方法对定量分析的整个过程的总误差进行评估。

(4) 目标接近度评估即对分析的目标进行指示序列的量化,再进行定量分析结果相同指标序列的接近度分析,从而排除误差对分析结果认识带来的影响。

误差评估的过程与目标的关系见图 1-4。

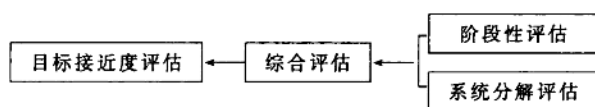


图 1-4 误差评估关系图

§ 1.3 断裂(层)构造数据采集

一、构造定量分析意义

从成矿预测的角度分析,构造定量分析的意义在于:① 定量分析结果反映地质点、面、体的各种结构特征;② 通过确知的不同点、面的定量结构特征建立构造整体变化的数学模型,从而达到任意点、面的定量分析结果;③ 通过构造在空间上整体变化与具体地段构造特征对比,定量揭示出构造局部异常的特征,并分析异常原因,达到预测最佳成矿部位的目的;④ 通过不同的构造以及不同构造部位的数学模型的建立,可进行相互间的定量比较,以及空间上延伸范围的预测分析。

二、断裂(层)空间结构数据采集

1. 步骤

断裂(层)空间结构数据采集步骤见图 1-5。

2. 技术要求与实施方法

(1) 技术要求:① 不同剖面的方向应大致相互平行。② 各剖面走向应可能垂直断裂(层)的走向。③ 不同剖面的边界要有共同的标志,如可以采用主断面为各剖面的起点边界,取另一标志为剖面的终点边界。当主断面出露不清时,通过主断面两侧结构基本对称原理,按相同的标志确定起点和终点边界,再通过两侧的对称系数作进一步的技术调整。④ 最小值的确定,构造剖面通常以米为长度单位,但在进行横剖面结构划分时,常遇上小于 1m 的结构单元,如构造透镜体的宽度、断层角砾岩宽度等,这就要有统一的方法来确定最小单元的值。

(2) 实施方法:通常采用实测系列剖面法,对野外地质现象出露受限制的地方可适当结合

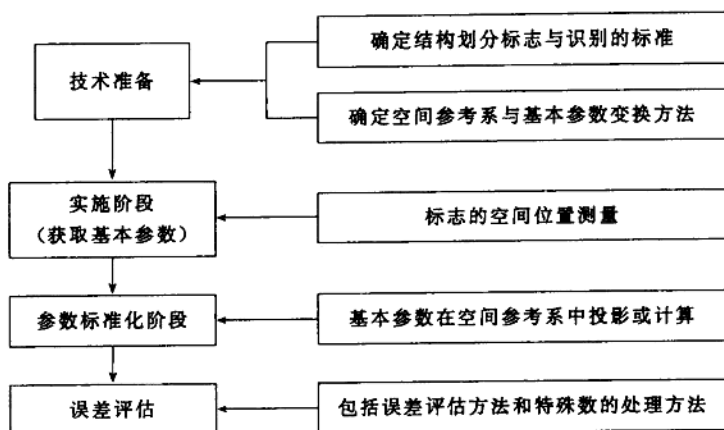


图1-5 断裂(层)空间结构数据采集步骤图

图切剖面。

3. 表示方法

通常采用地质构造剖面与结构数值剖面法。

三、空间复式结构

这里的“空间复式结构”是指在同一剖面上存在着不同的结构划分序列等,如岩石破碎序列(断层泥、碎粒岩、碎斑岩、碎裂岩)、“构造特征”序列(断层泥、挤压片理带、破裂带、构造透镜体带、密集节理带和稀疏节理带的划分)、蚀变序列和矿化序列等。这时将不同序列在同一剖面上同时划分,得到复式结构的数据。方法步骤与断裂(层)空间结构基本相同。

四、空间位移

断层的空间位移是指沿断层走向任意点两侧的相对位移距离。

1. 基本思路

通过断层面两侧某些确知的位移标志在参考系中的数值或分解的数值,建立任意点位移的数学模型,从而得到断层面任意点两侧的相对位移特征。

2. 步骤

断裂(层)空间位移数据采集步骤参见图1-6。

3. 实施方法和技术要求

(1) 实施方法:实地测量、图切剖面分析、钻探剖面分析。

(2) 技术要求:① 参考点的选择。参考点最好选择在断面延伸的方向线上,并且应远离研究中心的位置。参考点是作为数值的分析时位移坐标的起点。它离研究区的距离远近不影响定量分析的结果,但对分析的难易程度有一定的影响。② 断层走向参考面,断层的走向常常是不规则的曲面,当采用直面代替曲面时,有一个长度的变化应引起注意,并且在恢复空间位移时,有一个逆变换的问题。当采用曲面时,应考虑曲面与断面的吻合程度。③ 获取的基本位移数据,不能缺少高程参数。④ 位移基本数据不能太少,一般要大于4个,若是仅为平面分析时,

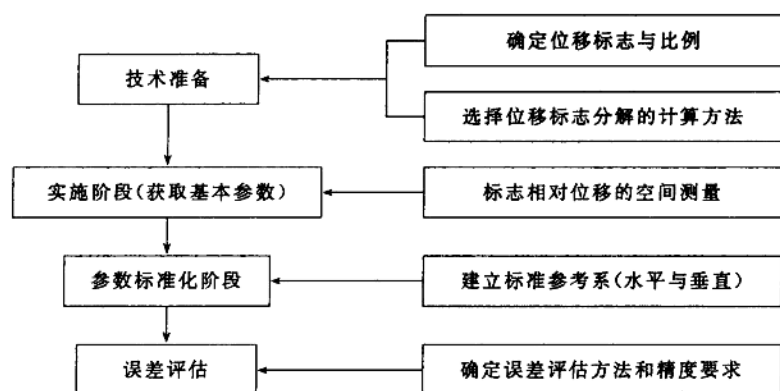


图1-6 断裂(层)空间位移数据采集步骤图

应大于3个。不同基本数据要有一定距离,并且不应在相近的高程上,否则会使定量分析复杂化。

(3) 表示方法:表格法和参考面上图解法。

五、断裂(层)延伸

1. 平面延伸

(1) 断裂(层)的尖灭部位的定量分析。

(2) 覆盖区断裂(层)结构的定量分析。

上述两种定量分析的数据采集方法和步骤基本同前。对尖灭部位的定量分析,要特别注意不同已知基本数据在空间上的距离。在分析中,还有一个距离与基本数据的关系要分析。对覆盖区,一个覆盖区的宽度要小于已知断裂(层)的出露长度,否则只能进行覆盖区边缘有限范围的定量分析。

2. 深部延伸

(1) 已知区段(剖面上)内:不同深度部位的精细结构的定量分析。

(2) 已知区段(剖面上)外:深部精细构造的定量分析。

两种分析的方法与要求同前。

3. 同断裂(层)关系

(1) 空间上相交的断裂(层)关系:

① 先后关系。分别在不同方向两个断裂(层)系统地进行数据采集,有条件的地方,应在接近交汇部位加密数据采集。

② 主次关系。要求基本同上,不同的是两断裂(层)数据采集的间距要相近,不能变化太大,否则误差难以评估。

③ 错动距离。被错动的断裂(层)在错动断裂(层)两侧的数据采集间距要接近。

上述三种情况的数据采集的方法和要求同前。

(2) 空间上不相交断裂(层)特征的对比:

① 对比内容。包括断裂(层)的结构特征、单位长度内的结构变化率、变化方向等。

② 技术要求。不同断裂(层)的数据采集间距不能变化太大,并且要找到空间上共同的对比参考标志。如已知两断裂(层)确切长度,可采用各断裂的 $1/2$ 长度处作为空间上的对比的公共参考标志。

③ 方法与步骤。同前面的有关部分。

§ 1.4 褶皱构造数据采集

一、步骤与要求

1. 步骤

褶皱构造数据采集步骤参见图 1-7。

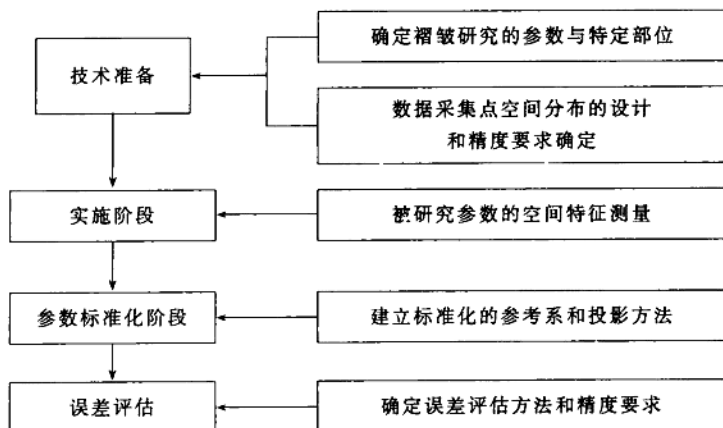


图1-7 褶皱构造数据采集步骤图

2. 要求

- (1) 数据采集点或剖面间距要均匀,并注意高程资料的收集。
- (2) 如果是系列剖面,应注意不同剖面的方向保持大致平行。
- (3) 点或剖面的数量一定要大于或等于 3 个(条),数量越多,越有利于分析。

二、褶皱枢纽

1. 枢纽数据采集步骤与内容

- (1) 野外不同点附近的系列地层产状的测量(倾向与倾角)。
- (2) 确定辅助数据,包括采集路线的分布、地理位置、点距和高程等。
- (3) 赤平投影,得到基本数据。
- (4) 确定参考系,进行基本数据的转换,获得不同参考系中的标准数据。
- (5) 误差评估,确定数据的精度或误差范围。

2. 特定层位枢纽数据采集步骤与内容

- (1) 确定特定层位与有关地层的厚度。
- (2) 野外不同地段的地层产状测量,技术要求;① 同一地段的产状测量必须在褶皱两翼

进行,两翼产状测量数据的个数不能相差太多;②同一区的产状测量点的分布,应在同一参考直线附近;③不同区的产状测量点的参考直线应大致平行;④测量点参考直线的间距应大致相等,并且应垂直褶皱枢纽的走向;⑤当要补充图切剖面时,图的剖面走向应与参考直线走向平行。

(3) 确定辅助数据,包括参考直线的间距、层厚,各枢纽点的高程等。

(4) 赤平投影或作图分析,得到基本数据。

(5) 确定参考系,进行基本数据的转换。

(6) 误差评估,包括特殊数的处理方法的确定。

三、褶皱翼部特征参数

褶皱的翼部参数包括特定层面到轴面的距离,反映两翼对称性的比值,以及空间上的变化特征等。

(1) 数据采集方法,通常采用系列剖面法。

(2) 确定辅助参数,包括剖面间距、剖面统一参考点的高程等。

(3) 技术要求,不同剖面间距应大致相等,方向平行;所反映的地质内容相近。

(4) 确定获取特殊数的方法与标志。

(5) 误差评估。

四、接触构造数据采集

这里的“接触构造”指岩体侵入过程中与围岩发生相互作用而产生的一系列构造特征,而数据采集仅指能反映垂直接触带走向的剖面结构特征的有关数据,其原理和方法与断裂(层)结构相同。但是要注意的是:

(1) 接触带主标志面的位置受围岩岩性和岩体空间形态的影响,局部变化较大,要注意主标志标准的选择。

(2) 接触带两侧是不同岩性或不同构造特征,在进行空间变化特征对比时,要注意参考系的合理选择。

(3) 不同剖面的边界要有明确的参考标志,并且地质内容相同。

其他要求可参考断裂(层)空间结构部分。

§ 1.5 矿体定位预测的数据采集

一、基本思路、类型、步骤

1. 基本思路

矿体的定位预测是成矿预测的主要目标之一,实现这一目标的途径是多种多样的,如物探方法、化探方法和矿物学方法等,并各有所长。本书的矿体定位预测分析是基于对矿化裂隙所富含的各种信息提取,以及在空间上的分布特征进行标准化分析,找出矿体与矿化裂隙在空间分布上的对应关系,从而达到矿体定位预测的目的。

矿化裂隙,是指与成矿作用和过程有着密切联系,具有特定充填物的岩石裂隙,是成矿物质赋存的一种载体形式。其特点是裂隙的填充物中含有一定数量,并且具有指示某种工业矿体

存在的(金属)矿物组合。通常在规模上较小,其长度在数十米至数米以内,宽度小于数厘米。

2. 类型

矿化裂隙数据采集的类型,根据矿体定位预测分析的目的要求和研究的内容或方法,可分为Ⅰ型和Ⅱ型。

(1) Ⅰ型,成矿靶区的筛选、矿体存在的方位判别、矿体存在距离的分析、矿体赋存高程的预测、矿体空间形态和矿体类型的分析。

(2) Ⅱ型,几何特征(包括一般意义的几何特征和网络特征)、物理特征(包括矿体裂隙的电阻值分布和磁性参数,以及空间上的矿化场研究)、微观特征(指镜下的矿化特征)、钻孔岩心、矿物组合和蚀变分带、化探和物探异常等分析。

由于两类具有依存关系,本节的后续内容按Ⅱ型叙述。

3. 步骤

矿体定位预测分析的数据采集,一般可分为四个步骤(见图1-8)。

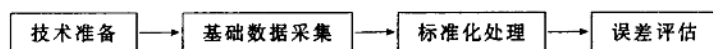


图1-8 矿体定位预测数据采集图

详细要求分别在具体内容中介绍。

二、几何数据采集

1. 几何数据

(1) 背景:① 空间背景,包括采集范围、高程和地理位置。② 岩性背景,包括岩性、层厚、粒度、孔隙度和地层产状。③ 构造背景,包括构造部位和岩体的距离,以及岩体侵入方向。

(2) 参数:① 每个参数,包括隙长、隙宽(平均宽度和宽度变化率)、空间形态(产状、直线或弧线)、边界特征(平直或起伏)、端点特征(分叉、闭合、未知)。② 组合参数,包括组数、组密度以及划分标准。

(3) 现场采集步骤(见图1-9)。

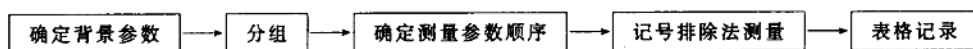


图1-9 几何数据采集步骤图

(4) 标准化:① 建立参考系和标准化计算方法。② 标准化处理。

(5) 误差评估。

(6) 技术要求:① 确定测量裂隙的下限条件,即确定不够测量条件的标准。如长度小于某个值或宽度小于某个值,或长宽的综合值。② 处理特殊值,测量的面积尽可能连续,以及区别测量面的空间特征(指测量面是一个连续面或多个不同产状的面)。

另外还有一个裂隙的力学性质的数据也是应该收集的。

2. 网络数据

(1) 背景,同前。

(2) 参数:① 测线参数,包括测线方向、测线长度。② 裂隙参数,包括裂隙位置、倾向、倾角、半迹长和隙宽。

(3) 现场采集步骤(见图1-10)。

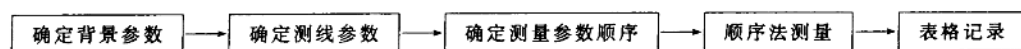


图 1-10 网络数据采集步骤图

(4) 误差评估。

(5) 技术要求:① 最好采用相互垂直的双条测线或在相互垂直的岩面上进行,如果受条件限制时只能进行单测线法时,避免测线方向平行最发育的一组裂隙的走向。② 确定测量裂隙的下限条件。

三、物性参数

1. 宏观(或近观)矿化程度

(1) 矿化参数:① 矿化标志包括指示矿化特征的矿物以及矿物组合,不同指示矿物的比值。② 矿化物分布,包括指示性矿物连续分布的长度,宽度(平均宽度和宽度变化率),以及团块状分布的特征(团块大小以及变化特征)。③ 空间特征,包括产状和形态在裂隙中的分布部位(指中部或两侧)和对称性。④ 矿物粒度和形态。

(2) 弥散性参数,包括指示性矿物或组合在裂隙外围的弥散形态、大小、距离,在裂隙两侧的对称性,以及在裂隙端点的分布特征。其他要求和步骤与几何数据相同。并且矿化程度的参数采集可与几何参数的采集同时进行。

另外在采集矿化数据时,常可见到岩石蚀变现象,也可同时采集岩石蚀变数据。

2. 微观的矿化程度

微观矿化程度的数据采集,是指镜下的矿化特征,其步骤,由野外采样→制片→图像扫描→数字化处理组成,并且同时进行镜下的矿物鉴定。技术要求:① 微观矿化程度仅是作为近观或宏观分析的一种补充,采样时要有针对性。② 数量要求,同一地点要有相互垂直的薄片,才能准确反映其空间特征。③ 不同点的比较,采样的矿化部位应相同,如矿化宽度的最大或最小,弥散最强或最弱部位等。④ 在进行数字化处理时,算法应与宏观的标准化算法衔接。

3. 电阻值参数

矿化裂隙的电阻值是指野外通过仪器实地测量裂隙中导电矿物组合的电阻值。其作用是:① 从电阻值的大小反映金属矿物组合的整体电性来确定矿化的相对优劣。② 从电阻值的分布范围揭示不同裂隙在空间上的连通性,通过阻值变化反映连通程度。③ 通过连通范围或长度与宏观矿化特征分布的对比来确定地表以下的矿化特征。

(1) 参数:① 单条裂隙电阻值的大小与连通长度,最大值的连通长度以及裂隙产状。② 群体裂隙电阻值大小和连通范围。③ 产状分组裂隙的阻值和连通范围,阻值面积和最大值面积。

(2) 技术要求:① 时间要求,避免雨天、雨后进行,应在晴几天后进行。② 下限条件要求,包括被测裂隙的下限条件和阻值参数(长度和阻值大小)等要针对所解决问题事前确定。

(3) 其他要求和测量步骤与几何数据相同。

4. 磁性参数

磁性参数是指矿化裂隙的磁学特征,常用的参数有磁化率、磁化率椭球压扁率、磁化率主轴(偏角、倾角)、天然剩磁。通过不同点矿化裂隙的磁性特征在空间上的分布预测矿体的方位、距离和层位。

技术要求:① 每个点的样数一般应在 10 个左右,样品要有统一可比较的野外参考标准(即矿化程度相近)。② 取样的点、线、距离不应变化太大,并要考虑空间高程的变化因素。其他

要求和测量步骤可参照矿化程度。

5. 钻孔岩心

矿化裂隙的几何、微观、电阻值、磁性参数均可从钻孔岩心中获取,不同的是要考虑岩心中半径的变化所带来的影响。另外岩心的全整率(即单位长度内,岩心的最大长度)与界面(界面位置倾角与界面类型)特征是成矿期后构造活动的一个重要参数,注意数据的收集。其他可参照矿化程度的要求进行。

另外可将岩石化学分析的取样结合到上述数据采集过程中同时进行,但取样方法要作适当的改进,即要进行有用成分的“浓缩”,但标准要一致。