

丁家山铅锌矿床 三维可视化预测

邵 毅 马 春 毛先成
陈 进 许建荣 徐忠发 著
张少云 杨 柱 曾文波



地 质 出 版 社

丁家山铅锌矿床三维 可视化预测

邵 毅 马 春 毛先成
陈 进 许建荣 徐忠发 著
张少云 杨 柱 曾文波

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本专著是作者开展丁家山铅锌矿床三维可视化预测研究的成果归纳总结,主要介绍了利用隐伏矿体三维可视化预测理论方法开展丁家山铅锌矿床深部找矿预测的方法、模型与成果。分析了研究背景和国内外研究现状,描述了隐伏矿体三维可视化预测的技术路线和工作流程。在地质资料数字化与综合地质数据库建立的基础上,归纳了丁家山铅锌矿床控矿规律,建立了矿体定位预测概念模型,开展了丁家山铅锌矿床的地质体三维模型与可视化、矿体空间变化结构与矿化空间分布规律分析、立体单元划分和矿化指标提取。针对控矿地质因素分析的关键问题,提出了基于 TIN 的地质界面分析技术,建立了控矿地质因素的定量与可视化模型,分析并提取了找矿信息指标。建立了隐伏矿体立体定量预测模型,利用本研究提出的基于三维体元的磁性体正演模型对矿化预测结果进行了分析。最后,描述了预测成果数据库和预测结果统计,采用三维栅格模型、三维查询系统、分层等值线图进行了预测成果的制图与可视化表达,并进行了深部立体找矿靶区圈定和验证工程设计。

本专著可供从事找矿勘探、矿床研究与成矿预测、矿产开发、地学信息技术等方面的科技工作者使用,也可作为高等院校地学类高年级学生和研究生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

丁家山铅锌矿床三维可视化预测 / 邵毅等著. —北京:地质出版社, 2010.12

ISBN 978-7-116-07017-2

I. ①丁… II. ①邵… III. ①铅锌矿床—成矿预测—研究—福建省 IV. ①P618.400.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 243311 号

DINGJIASHAN QIANXINKUANGCHUANG SANWEI KESHIHUA YUCE

责任编辑:李凯明

责任校对:张 冬

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010)82324508(发行部);(010)82324514(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82324340

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本:787mm×1092mm $\frac{1}{16}$

印 张:16

字 数:370 千字

版 次:2010 年 12 月第 1 版

印 次:2010 年 12 月第 1 次印刷

定 价:78.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-07017-2

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

本研究得到国家 973 计划前期研究专项课题“危机矿山接替资源大比例尺定位预测基础研究”(编号: 2007CB416608)、国家“十一五”科技支撑计划课题“桂西-滇东南大型锰矿勘查技术与评价研究”(课题编号: 2006BAB01A12)、国家“十一五”科技支撑计划课题“铜陵地区危机铜矿山大比例尺定位预测技术示范研究”(课题编号: 2006BAB01B07)和江苏华东地质调查集团有限公司校企合作科研课题“丁家山铅锌矿床三维可视化预测研究”的联合资助。

前言

随着矿产资源预测评价、地质三维建模、空间信息技术的发展,隐伏矿体三维可视化预测理论及方法已日趋成熟。该理论和方法已在国家“十一五”科技支撑计划重点项目“危机矿山接替资源勘查技术与示范研究”中取得突破,在广西大厂锡矿、安徽铜陵凤凰山铜矿等大型国有矿山的深边部找矿工作中取得成功或进行示范应用。隐伏矿体三维可视化预测方法可以较低的成本对矿区深边部的隐伏矿体进行三维空间的定位定量精细预测评价。本专著是作者开展丁家山铅锌矿床三维可视化预测研究的成果归纳总结,主要介绍利用隐伏矿体三维可视化预测理论方法开展丁家山铅锌矿床深边部找矿预测工作的方法、模型与成果。

丁家山铅锌矿床是一座以铅、锌为主,伴生银、铜、镉等多种有用元素的有色金属矿山。随着矿山生产的不断推进和发展,在现有矿区深边部寻找新的铅锌矿体和伴生有用元素资源是公司寻求经济发展和实施资源控制的基本战略。采用隐伏矿体三维可视化预测理论及方法,开展丁家山铅锌矿床三维可视化预测研究,对以较低成本发现和探获深边部隐伏矿体具有重要的实践意义和示范价值。其一,提供铅、锌等金属资源在矿区深边部三维空间中的定位定量可视化预测与评价结果,可直接指导深边部三维找矿靶区定位和深边部找矿工程布置;其二,在隐伏矿体三维可视化预测研究中,将揭示出控制矿化矿体分布的主要地质因素,并采用三维可视化模型定量表达控矿地质因素和隐伏矿体定位规律;其三,丁家山铅锌矿床三维可视化预测方法的应用将为集团控制的其他矿区的找矿工作提供示范,并可总结出规范性的三维可视化预测应用与找矿工作流程。

研究采用经验模型(数据驱动)与概念模型(知识驱动)相结合的技术思路,突破了基于数据驱动的三维信息提取、非线性建模方面的关键技术,实现了预测评价过程及成果的三维化、定位化、定量化和精细化。研究确立了丁家山铅锌矿床三维可视化预测的技术流程“地质数据集成+成矿系统分析→地质信息三维建模+成矿信息定量提取→立体定量预测”,流程包括三个核心工作环节即“地质信息集成-成矿信息定量提取-立体定量预测”。“地质信息集成”的核心是收集地质勘探等原始资料,进行地质勘探资料数字化,建立综合地质数据库,为立体定量预测建模提供数据驱动;同时,收集、总结和提升已有的综合地质与成矿规律研究成果,开展成矿系统分析,建立矿体定位概念模型,为立体定量预测提供知识驱动。“成矿信息定量提取”的核心是抽象研究对象(矿田或矿床)的地质体、控矿因素与找矿标志,建立地质体的三维模型(实体模型、栅格模型),进行勘查技术有效性评价和地质推断,开展控矿地质因素的三维空间定量分析,为立体定量预测建模提供定量指标集。“立体定量预测”的核心是构建控矿地质因素到矿化分布的映射关系,对深边部资源进行预测评价,建立隐伏矿体立体定量预测成果数据库,并对预测成果建立三维栅格模型、开发三维可视化查询系统、绘制分层单元矿化指标预测成果图及等值线图,圈定深部立体找矿靶区、绘制预测剖面和设计找矿验证工程,指导矿区的深边部找矿工作。同时,为了增强隐伏矿体三维可视化预测成果的可靠性、降低深部立体找矿的风险性,研究还首次提出并开发了基于体元模型的磁性矿化体正演模型、算法和软件系统,较好地

三维可视化预测成果的有效性进行了分析与评价,实现了隐伏矿体三维可视化预测技术与矿区高精度磁测勘查工作的有机结合,对提高矿区深边部找矿的成功概率和找矿工程的定位精度具有重要意义。

全书按照“地质信息集成-成矿信息定量提取-立体定量预测”的思路编写,涵盖了丁家山铅锌矿床三维可视化预测研究的全过程。研究成果突破了传统矿产资源定量评价二维空间限制、深部找矿信息三维提取等关键技术难题,系统地实现了丁家山铅锌矿床三维可视化预测与评价,不仅对丁家山铅锌矿床的深部找矿具有实践意义,而且对隐伏矿体三维定位定量预测理论与方法研究、矿山深边部找矿应用与推广具有重要的参考价值。同时,书中提供了大量的隐伏矿体三维可视化预测研究相关的大量插图和表格,可作为原始素材供相关研究和教学工作直接使用,具有重要的实用和参考价值。

该专著及其研究成果是江苏华东地质调查有限责任公司和中南大学近年来开展产学研合作的重要研究成果,是国家科技攻关、校企合作和找矿生产实践的多层次结合与成果垂直转化的典型实例,促进了矿山深部找矿的科学理论创新发展、关键技术研究开发和科技成果向生产力的转化,体现了产学研联合攻关、跨学科研究开发、多层次研究转化的创新作用和实践价值。本专著由邵毅、马春、毛先成主持并确定整体结构,由课题的主要研究成员共同编写完成。江苏华东地质调查有限责任公司的主要研究和专著编写人员:邵毅、马春、许建荣、徐忠发、张少云、杨柱、曾文波等;中南大学的主要研究和专著编写人员:毛先成、陈进、彭正林、单文发、唐艳华、邹艳红、陈春、潘勇、刘京、任君球、刘灿娟、彭先定等。

福建省尤溪金东矿业有限公司龚孔成总工为本研究的现场工作协调和原始资料收集给予了指导和大量帮助;王建工程师为原始资料整理、收集、数字化和现场工作配合提供了全面的帮助;饶岩山高工为现场工作协调和物化探原始资料收集提供了大量帮助;孙洪涛高工为坑道地质调查和资料收集提供了帮助;陆玉华工程师为原始资料的整理和收集提供了全面的帮助;中南大学地理信息系统专业 2006 级本科生为本研究提供了大量的原始资料数字化工作。在此向他们表示衷心的感谢。

目 录

前 言

第1章 绪 论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 研究意义	1
1.1.2 国内外研究现状	1
1.2 研究目标与工作内容	3
1.2.1 研究目标	3
1.2.2 工作内容	3
1.3 技术路线与工作流程	4
第2章 地质资料数字化与综合地质数据库建立	6
2.1 资料现状与数据需求	6
2.2 地质矿产资料数字化及编码	7
2.2.1 地质矿产资料数字化与原始数据构建流程	7
2.2.2 地质资料的扫描数字化	8
2.2.3 编码数字化方案	8
2.2.4 勘探工程资料的数字化	9
2.3 地质勘探工程数据模型	9
2.4 综合地质数据模型	10
2.5 综合地质数据库建立	12
2.5.1 数据库原始数据构建	12
2.5.2 数据库的建立	13
第3章 丁家山铅锌矿床控矿规律与矿体定位模型	15
3.1 矿床地质特征	15
3.2 成矿地质条件与找矿标志分析	16
3.2.1 地层及其与成矿的关系	16
3.2.2 构造及其与成矿的关系	16
3.2.3 岩体与成矿的关系	17
3.2.4 磁异常特征与矿床分布的关系	17
3.3 矿体定位规律与定位预测概念模型	18

第4章 丁家山铅锌矿床地质体三维建模与可视化 19

4.1 地质体三维建模方法及流程 19

4.2 地质建模数据的导入 19

4.2.1 勘探工程数据的构建导入..... 20

4.2.2 勘探线数据的构建导入..... 24

4.2.3 地面高程数据的构建导入..... 25

4.3 地质体界线的圈定 25

4.3.1 矿体界线的圈定..... 28

4.3.2 地层界线的圈定..... 29

4.3.3 断层界线的圈定..... 29

4.4 地质体线框模型的建立 29

4.4.1 线框模型的数据表结构..... 30

4.4.2 矿体线框模型的建立..... 30

4.4.3 地层线框模型的建立..... 32

4.4.4 地质界面模型的建立..... 32

4.4.5 断层线框模型的建立..... 32

4.5 地质体块体模型的建立 34

4.5.1 块体模型的数据表结构..... 34

4.5.2 地质体块体模型的构建..... 35

4.6 模型的输出接口 37

4.6.1 线串模型的输出接口..... 37

4.6.2 线框模型的输出接口..... 37

4.6.3 块体模型的输出接口..... 37

4.7 井下巷道工程建模及可视化 37

4.7.1 井下巷道工程数据模型..... 37

4.7.2 井下巷道可视化..... 38

第5章 矿化空间分析与矿化指标计算 40

5.1 矿体地质特征 40

5.1.1 丁家山矿区矿体地质特征..... 40

5.1.2 关兜矿区矿体地质特征..... 41

5.2 矿体空间变化结构分析 42

5.2.1 样品数据统计分析..... 42

5.2.2 矿体空间变化结构分析..... 48

5.3 矿化空间分布规律 51

5.3.1 资源量的估算	51
5.3.2 矿化投影分布	54
5.4 立体单元划分与取值	58
5.4.1 地质空间定义	58
5.4.2 立体单元划分	58
5.4.3 立体单元的取值	59
5.5 矿化指标提取	60
5.5.1 矿化指标定义	60
5.5.2 已知块体单元的确定	60
5.5.3 矿化指标的计算	61
第6章 控矿地质因素定量分析与找矿信息定量提取	63
6.1 控矿地质因素定量分析的关键技术研究	63
6.1.1 基于TIN的地质界面距离场分析技术	63
6.1.2 基于TIN的地质界面趋势-起伏分析技术	66
6.1.3 基于TIN的地质界面坡度分析技术	67
6.1.4 基于TIN的地质界面夹角分析技术	68
6.1.5 基于TIN的地质界面分析软件开发与应用	70
6.2 控矿地质因素的定量表达与可视化	72
6.2.1 不整合面距离场因素 (dU)	73
6.2.2 不整合面趋势-起伏因素 (waU, wbU)	73
6.2.3 不整合面坡度因素 (gU)	76
6.2.4 不整合面夹角因素 (aU_S)	76
6.2.5 地层界面距离场因素 ($dZ1L3_Z1L2$)	77
6.2.6 地层界面趋势-起伏因素 ($waZ1L3_Z1L2, wbZ1L3_Z1L2$)	77
6.3 找矿信息指标的统计分析 & 提取	80
6.3.1 不整合面距离场指标 (ddU)	80
6.3.2 不整合面趋势-起伏指标 ($dwaU, dwbU$)	83
6.3.3 不整合面坡度指标 (dgU)	87
6.3.4 不整合面夹角指标 (daU_S)	91
6.3.5 地层界面距离场指标 ($ddZ1L3_Z1L2$)	92
6.3.6 地层界面趋势-起伏指标 ($dwaZ1L3_Z1L2, dwbZ1L3_Z1L2$)	95
第7章 隐伏矿体立体定量预测模型建立	102
7.1 隐伏矿体立体定量预测模型	102
7.1.1 品位及金属量预测模型	102

7.1.2 含矿性预测模型·····	104
7.2 预测模型的边界条件·····	105
第8章 磁性矿化体正演模型与矿化预测结果分析 ·····	107
8.1 基于三维体元模型的磁性体正演模型·····	107
8.1.1 三维体元磁性体磁场的磁荷面积分公式·····	107
8.1.2 基于三维体元磁性体磁场模型的总磁异常计算·····	110
8.2 基于三维体元模型的磁性体正演软件设计开发·····	111
8.2.1 软件开发思路·····	111
8.2.2 软件数据获取与数据库设计·····	111
8.2.3 软件功能界面实现·····	112
8.3 基于三维体元模型的磁性体正演计算·····	113
8.3.1 基于三维体元模型的磁性体正演计算过程·····	113
8.3.2 基于磁性体的三维体元模型·····	114
8.3.3 已知三维体元模型的磁性体正演计算结果·····	114
8.3.4 已知三维体元模型和预测三维体元模型的正演结果·····	115
8.4 正演计算总磁异常和地面实测总磁异常结果对比分析与解释·····	117
第9章 预测成果与可视化表达 ·····	120
9.1 预测成果及统计·····	120
9.1.1 预测成果数据库·····	120
9.1.2 预测结果统计·····	120
9.2 预测成果可视化·····	125
9.2.1 预测结果三维栅格模型·····	125
9.2.2 预测结果三维可视化查询·····	125
9.2.3 分层单元矿化指标预测成果图·····	131
9.2.4 分层单元矿化指标预测等值线图·····	132
9.3 勘探工程布置·····	212
9.3.1 立体找矿靶区圈定·····	212
9.3.2 预测剖面绘制与验证工程设计·····	213
参考文献 ·····	216
附录 三维体元磁性体磁场的磁荷面积分公式推导 ·····	219

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

1.1.1 研究意义

随着矿产资源预测评价、地质三维建模、空间信息技术的发展,隐伏矿体三维可视化预测理论及方法已日趋成熟。隐伏矿体三维可视化预测理论及方法可以较低的成本对矿区深边部的隐伏矿体进行三维空间的定位定量精细预测评价。目前,该理论及方法已在国家“十一五”科技支撑计划重点项目“危机矿山接替资源勘查技术与示范研究”中取得突破,已在广西大厂锡矿、安徽铜陵凤凰山铜矿等大型国有矿山的深边部找矿工作中取得成功或进行示范应用。以广西大厂锡矿为例,根据隐伏矿体三维可视化预测结果,广西 215 地质队于 2005~2007 年分别在长坡区深部、铜坑深部发现了新的锡多金属矿体、层状矽卡岩型锌铜矿体,新发现矿体的潜在价值超过 40 亿元。

丁家山铅锌矿床是一座以铅、锌为主,伴生银、铟、镉等多种有用元素的有色金属矿山。随着矿山生产的不断推进和发展,在现有矿区深边部寻找新的铅锌矿体和伴生有用元素资源将成为企业寻求经济发展和实施资源控制的基本战略。

丁家山铅锌矿床自 20 世纪 90 年代以来,在长期的矿床勘探和矿山生产过程中,积累了大量的地质矿产资料和矿山生产地质资料,主要包括 3—15 线普查资料、3—15 线详查资料、15—23 线普查资料、15—23 线详查资料、矿山生产地质资料、储量核实资料、综合地质资料等。这些资料在一定程度上揭露了丁家山铅锌矿床在三维空间中的分布情况,可满足开展隐伏矿体三维可视化预测技术应用的数据需求。

采用隐伏矿体三维可视化预测技术,开展丁家山铅锌矿床三维可视化预测研究,对以较低成本发现和探获深边部隐伏矿体具有重要的实践意义和示范价值。其一,提供铅、锌等金属资源在矿区深边部三维空间中的定位定量可视化预测与评价结果,可直接指导深边部三维找矿靶区定位和深边部找矿工程布置;其二,在隐伏矿三维可视化预测研究中,将揭示出控制矿化矿体分布的主要地质因素,并采用三维可视化模型定量表达控矿地质因素和隐伏矿体定位规律;其三,丁家山铅锌矿床三维可视化预测技术的应用将为江苏华东地质调查集团控制的其他矿区的找矿工作提供示范,并可总结出规范性的三维可视化预测应用与找矿工作流程。

1.1.2 国内外研究现状

随着人类社会对矿产资源需求的不断发展,找矿工作已由地表矿、浅部矿、易识别矿转向寻找隐伏矿、难识别矿,找矿勘探的难度日益增大,矿产勘查的成功率越来越依赖于深入的成矿规律研究和科学的矿产资源预测评价理论与方法。矿产资源预测与评价经过约 50 年的发展,经历了起步、发展和成熟等阶段后,目前已进入科学化、定量化和数字化阶段。

在起步和发展阶段,许多地质学家主要从资源总量评价、远景区评价、评价方法、计算机程序等方面进行了开创性的理论研究和应用工作(Allais et al., 1957; Slicher et al., 1960; Harris et al., 1970; Barry et al., 1970; Sinclair et al., 1970; Agterberg et al., 1971; Griffiths, 1975; Singer, 1976; McCammon, 1976),在此基础上,逐步形成了较完善的矿产资源定量评价系列理论和方法,突出的代表性成果有:国际地科联 IGCP 98 专题推出的六种矿产资源定量预测评价方法、国际国内广泛推广应用的矿床统计预测理论及方法(Agterberg, 1974; Zhao, 1992; 赵鹏大等, 1994)、美国地质调查局倡导的“三部式”资源评价法(Singer, 1993)、我国学者提出的综合信息预测(王世称等, 1989, 2000)和致矿地质异常预测方法(赵鹏大等, 1991, 1993)。

自 20 世纪 90 年代开始,随着 GIS 技术的发展,矿产资源预测与评价进入数字化阶段,形成了以空间数据库和 GIS 空间分析为技术支撑、以“多元地学空间数据集成—多元成矿信息提取与融合—矿产资源潜力制图”为核心流程的矿产资源数字化预测评价方法体系(Bonham-Carter et al., 1990; Katz et al., 1991; Rencz et al., 1994; Knox-Robinson et al., 1997; Cheng et al., 1999; Harris et al., 2000, 2006; Asadi et al., 2001; Chen et al., 2004; Zhou et al., 2007; Carranza et al., 2008; Cassard et al., 2008; 池顺都等, 1999; 肖克炎等, 2000; 王全明等, 2001; 叶天竺等, 2007),其理论和方法更趋完善和实用。

上述理论和方法,尤其是基于 GIS 技术的矿产资源定量评价方法,成为目前开展矿产资源与评价的主流方法,已广泛应用于区域矿产资源远景预测评价工作中。但上述方法在应用于危机矿山深部找矿预测时,由于需要向深部三维空间发展,会遇到矿产资源预测评价的三维空间问题,即无论是预测评价范围,还是评价模型及评价结果等,都不得不考虑真三维空间的要求。上述矿产资源定量评价方法形成和发展主要源于中小比例尺的全球性和区域性矿产预测评价,且其赖以的 GIS 技术及软件仍然属于 2 维或 2.5 维的,因而,尚不能完全适应和满足危机矿山和老矿山可接替资源找矿向深部三维空间发展的要求。为了将矿产资源定量评价理论和方法有效地应用于危机矿山和老矿山深部找矿预测,需要对上述理论和方法进行三维空间扩展或改造,以便支持矿山真三维空间下的隐伏矿体立体定位定量预测要求。

近 20 多年来,利用计算机技术进行三维数据处理和表达能力大幅度提高,三维地质建模(3D Geoscience Modeling)取得了突破,某些发达国家的地质学家对地质三维建模理论和三维地学信息系统(GSIS, Geoscientific Information System)进行了系列研究。其中,最引人瞩目的成果集中体现在:①北大西洋公约组织(NATO)和美国地质调查局(USGS)联合资助的“地学信息系统三维建模”高级研究专题讨论会(ARW)的论文集(Turner A. K. et al.);② Houlding S. M. 的研究成果及其专著“3D Geoscience Modelling, Computer Techniques for Geological Characterization”(三维地学建模——地质描述的计算机技术)。Houlding S. M. 将地质三维数据模型概括为孔数据、图件数据、体元数据和三维格网数据,三维地质建模即地质描述可以这些数据为数据源的数据流来表示,而著名的 Lynx 软件就是基于该理论实现的。随着三维地质建模理论的推进和三维建模市场需求的增长,逐步产生形成了三维地质建模的商业化的矿业软件,著名的商用矿业软件主要有加拿大 Kirkham Geosystems 公司的 MicroLynx+ 系统、英国 Datamine 公司的 Studio 系统、澳大利亚 Maptek 公司的 Vulcan 系统、澳大利亚 Micromine 公司的 MicroMine 系统、澳大利亚 Surpac Minex 公司的 Surpac Vision 系统、法国 Nancy 地质学校的 GeoCAD 系统、美国 Dynamic Graphics 公司的 EarthVision 等系统。

针对矿区深边部隐伏矿体预测和危机矿山深边部可接替资源找矿对预测方法与成果的真三维要求问题,毛先成、陈国珏、戴塔根等(1988,2003)对传统的矿产资源定量评价方法进行三维空间扩展,在湖南香花岭锡矿、湖南清水塘铅锌矿、广西大厂锡矿等开展了深边部隐伏矿体立体定量预测研究等探索性工作,并在大厂锡矿等矿区取得重大的找矿突破。以隐伏矿体立体定量预测研究为基础,通过三维地质建模(3DGM)和可视化技术的引入,在安徽铜陵凤凰山矿田深部找矿预测研究工作中,初步实现了隐伏矿体的三维可视化预测(毛先成等,2010)。

1.2 研究目标与工作内容

1.2.1 研究目标

(1) 建立丁家山铅锌矿原始地质资料数据库和三维建模地质数据库,为隐伏矿体预测提供数据驱动支持。

(2) 通过对成矿作用和矿化(矿体)定位规律的总结与再认识,建立矿体定位概念模型,为隐伏矿体预测提供知识驱动支持。

(3) 通过丁家山铅锌矿床地质体的三维模型、控矿地质因素场三维模型的构建,实现矿床的数字化表达、控矿地质因素的定量分析提取,建立隐伏矿体三维可视化预测模型。

(4) 提供具有三维定位定量和可视化功能的隐伏矿体预测成果,对深边部隐伏矿体产出的空间位置、资源量、品位、含矿性进行估计,指导丁家山铅锌矿床深边部找矿工程布置。

1.2.2 工作内容

(1) 全面收集矿山地质资料,建立原始地质资料数据库和三维建模地质数据库,为预测建模提供数据驱动支持。

◎丁家山铅锌矿床历年积累的地质原始资料是宝贵的数据财富,客观地记录了矿床地质空间中的矿化定位与分布规律,是隐伏矿体三维可视化预测的数据支撑。

◎调查、整理和收集丁家山铅锌矿床历年积累的区域地质、地质勘探、生产地质、物化探、地形、综合研究等方面的原始地质资料。

◎按照三维可视化预测要求,设计地质对象(地质体、矿化、找矿标志等)编码方案。

◎完成探矿工程、地质编录、取样化验等表格资料和勘探线剖面图、综合地质图等文件的编码、录入和数字化。

◎设计和建立原始地质资料数据库。

◎设计和建立三维建模地质数据库。

◎根据丁家山铅锌矿床地质资料数字化与数据处理的实际需求,开发专门的数字化软件与数据提取软件。

(2) 总结矿体定位规律,建立矿体定位概念模型,为预测建模提供数据驱动支持。

◎收集现有地质勘探资料和综合地质研究资料。

◎开展野外和坑道地质调查等工作,补充地质研究资料,提升地质认识。

◎总结归纳矿体定位机制与定位规律。

◎建立矿体定位概念模型,抽象出主要的控矿地质因素。

(3) 采用地质三维建模技术和地质场建模技术, 建立地质体三维模型、控矿地质因素场三维模型, 提取控矿地质因素及找矿标志定量指标。

◎以地质原始资料数据库和三维建模地质数据库为数据平台, 建立勘探工程、地质体(地层岩性、褶皱、断层、矿化与矿体等)的三维线框模型和块体模型, 实现地质体、找矿标志与勘探工程的数字化表达和三维可视化。

◎采用地质体三维形态分析、控矿地质因素场建模等技术, 定量分析控制矿化(矿体)在地质空间中的定位、富集及分布的地质因素, 建立控矿地质因素场三维模型。

◎利用统计分析、非线性分析、最优化等方法, 分析控矿地质因素与矿化分布的关联关系, 提取控矿指标。

◎改进地质体三维形态分析、控矿地质因素场建模等关键技术、模型与算法。

◎修改地质体三维形态分析、控矿地质因素场建模等专有软件。

◎研究评价高精度磁测方法的有效性, 分析磁异常等找矿标志对地质条件或矿化矿体的指示作用。

(4) 建立反映控矿指标到矿化分布的非线性映射关系的隐伏矿体立体定量预测模型, 开展深边部隐伏矿体三维定位定量预测, 提供三维可视化预测成果。

◎采用空间统计分析方法, 析取和构建控矿指标到矿化分布的非线性映射关系。

◎建立反映控矿指标到矿化分布的非线性映射关系的隐伏矿体立体定量预测模型。

◎评价和解释立体定量预测模型, 开展深边部隐伏矿体的立体定量预测评价, 生成立体定量预测成果数据。

◎深边部隐伏矿体立体定量预测成果的三维可视化建模表达。

◎绘制深边部隐伏矿体立体定量预测成果图件, 设计绘制找矿验证工程图件。

◎隐伏矿体立体定量预测三维可视化软件开发。

1.3 技术路线与工作流程

根据课题的研究目标, 隐伏矿体三维可视化预测追求预测评价过程及成果的三维化、定位化、定量化和精细化, 须采用经验模型(数据驱动)与概念模型(知识驱动)相结合的技术思路, 突破基于数据驱动的三维、定量、非线性建模方面的关键技术。为此, 将隐伏矿体三维可视化预测的技术路线确立为“地质数据集成+成矿系统分析→地质信息三维建模+成矿信息定量提取→立体定量预测”(图 1.1)。

根据该技术路线, 确定了隐伏矿体三维可视化预测工作的工作流程(图 1.2)。该流程包括三个核心工作环节即“地质信息集成—成矿信息定量提取—立体定量预测”。“地质信息集成”的核心是收集地质勘探等原始资料, 进行地质勘探资料数字化, 建立综合地质数据库, 为立体定量预测建模提供数据驱动; 同时, 收集、总结和提升已有的综合地质与成矿规律研究成果, 开展成矿系统分析, 建立矿体定位概念模型, 为立体定量预测提供知识驱动。“成矿信息定量提取”的核心是抽象研究对象(矿田或矿床)的地质体、控矿因素与找矿标志, 建立地质体的三维模型(实体模型、栅格模型), 进行勘查技术有效性评价和地质推断, 开展控矿地质因素的三维空间定量分析, 为立体定量预测建模提供定量指标集; “立体定量预测”的核心是构建控矿地质因素到矿化分布的映射关系, 对深边部资源进行预测评价。

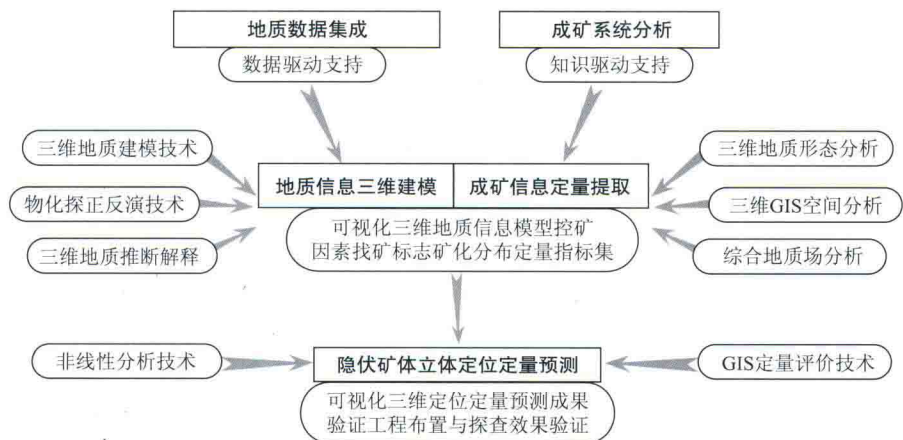


图 1.1 隐伏矿体立体定量预测的技术路线

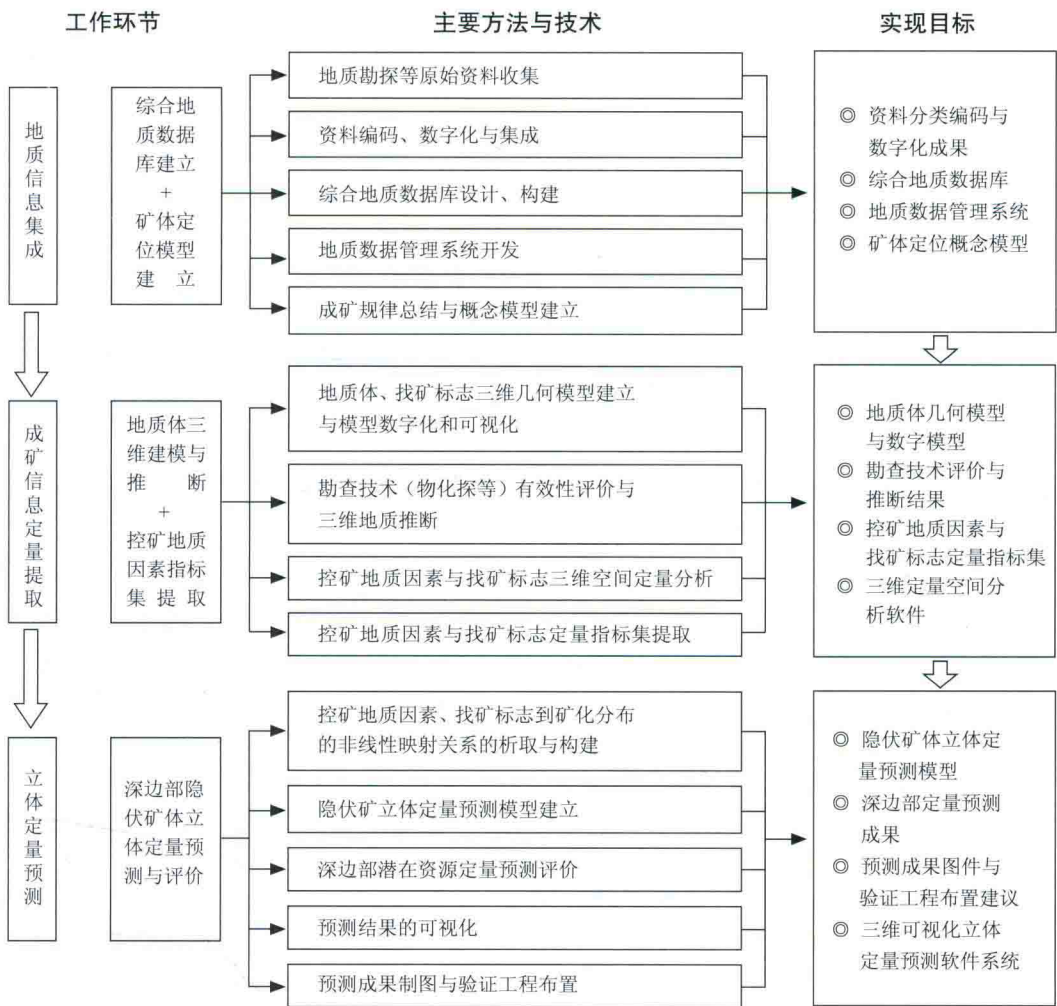


图 1.2 隐伏矿体三维可视化预测工作流程

第2章 地质资料数字化与综合地质数据库建立

地质资料数字化是指利用数据库软件技术、数据压缩技术、复制扫描技术等技术手段将纸介质文件和已汇交保存的电子资料,系统地组织成具有有序结构的、能快速查询检索的地质资料信息综合数据库(王英杰,2003)。

本研究以丁家山铅锌矿床作为研究对象,在收集已有的原始资料进行分类整理工作的基础上,进行了编码数字化方案设计,并根据用户的需求和后期数据的科研应用,定义了严谨的数据库结构,在计算机中实现了有效的数据组织,最终设计并建立了丁家山铅锌矿床综合地质数据库,为地质体三维建模和隐伏矿体立体定量预测提供了数据支持。

2.1 资料现状与数据需求

数据需求分析是建立数据模型和开展数据库设计的起点。需求调查和分析的具体内容包括:①信息内容要求和数据存储、数据的分类与组织方式、元数据要求;②信息处理要求;③安全性与完整性要求。

通过对丁家山铅锌矿山收集的全部纸介质资料和从相关技术人员处获得的电子资料的整理,对现有资料的数据来源、管理现状、数字化程度、资料的完整性进行了分析,总结如下:

(1) 现有的纸介质和电子资料涵盖了丁家山矿床和关兜矿床的地质矿产资料。地质矿产资料主要包括:①普查地质报告;②详查地质报告;③储量核实报告;④潜力评价报告;⑤勘查地质报告;⑥生产探矿资料;⑦涉及物探、化探、区域及外围等报告。

(2) 资料保存形式多样,有以纸介质和电子文档形式保存的科研报告和图件。

(3) 数据资料的来源多样,分别来自华东有色地质矿产勘查开发院、福州东鑫矿业技术有限公司、福建省尤溪金东矿业有限公司、福建省尤溪县三鑫铅锌矿业有限公司、华东有色地勘局 807 队和华东有色地质勘查局 805 队等单位。

(4) 目前的纸介质资料和电子资料均不能满足国际矿业软件的三维地质建模数据要求。为使现有资料满足国际矿业软件的建模数据要求,必须对这些资料进行编码数字化。电子介质形式的图件和文档,因缺乏地勘资料数字化标准,数据仍只能采用传统纸介质的组织方式,所以,现有的电子介质形式的勘探报告同样需要进行编码数字化。

根据上述资料现状分析和数据需求调查分析,将综合地质数据库的实际数据需求概括为:

(1) 内容需求包括:①地质矿产资料(纸介质资料、电子文档资料)的分类目录和资料列表;②重要详查报告与储量报告、地质综合研究报告、重要电子文档等重要地质资料,资料形式可以为报告、表格、图件、电子文档包;③编码数字化数据。

(2) 综合地质数据库在存储与处理上应适应地质矿产资料扩充的要求,应选用高性

能和高容量的服务器系统（带磁盘阵列）、数据库软件系统（Oracle）；支持大量资料的存储管理。

（3）综合地质数据库及其管理系统应保证资料的安全性和完整性。

2.2 地质矿产资料数字化及编码

要将地质矿产资料导入到综合地质数据库中，首先必须将纸介质的地质矿产资料进行数字化。即使是已有的电子资料，通常也需要将其按照综合地质数据库的编码规则来重新进行组织。

2.2.1 地质矿产资料数字化与原始数据构建流程

地质矿产资料数字化与数据库原始数据构建流程如图 2.1 所示。

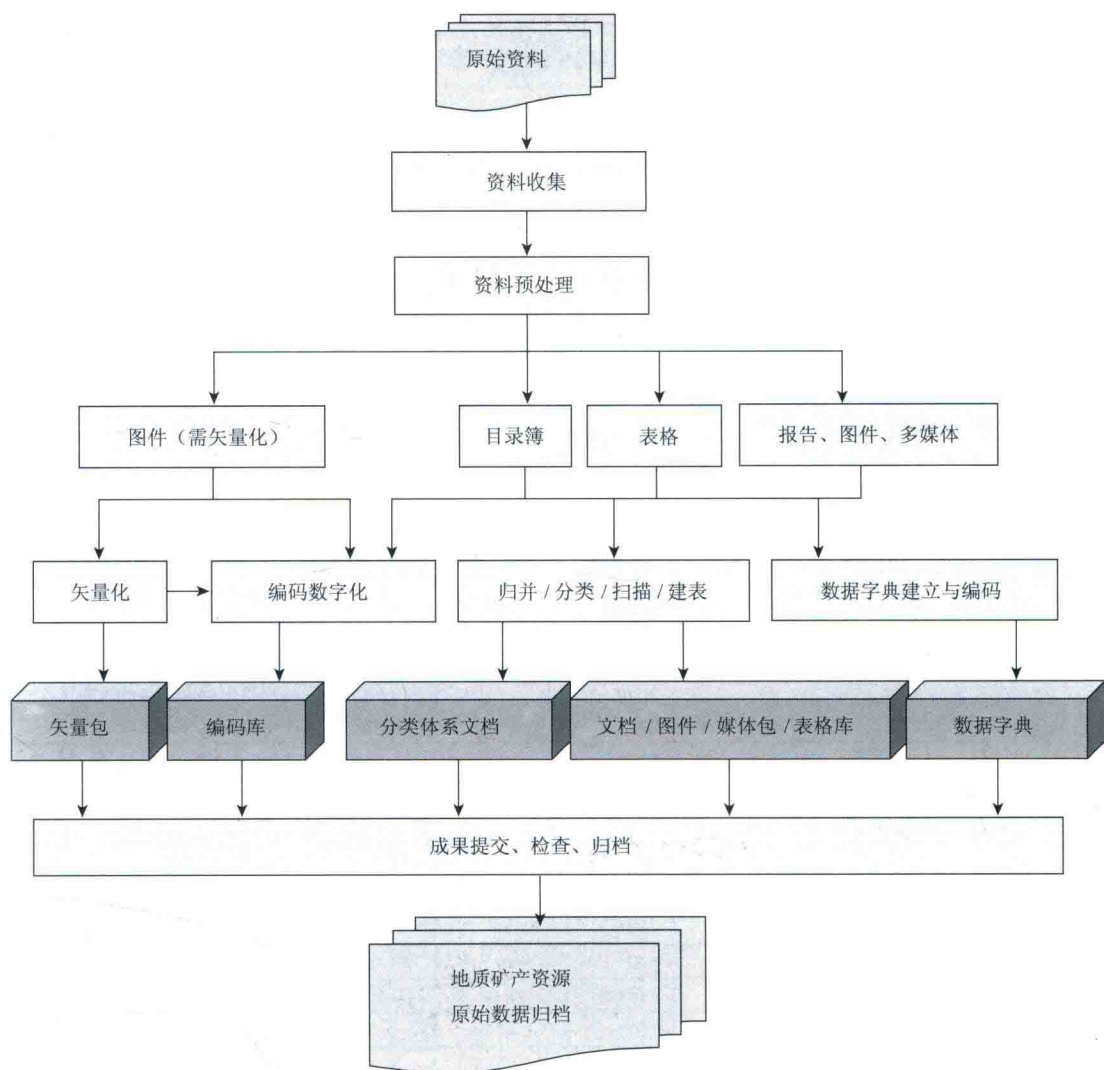


图 2.1 地质矿产资料数字化与原始数据构建工作流程