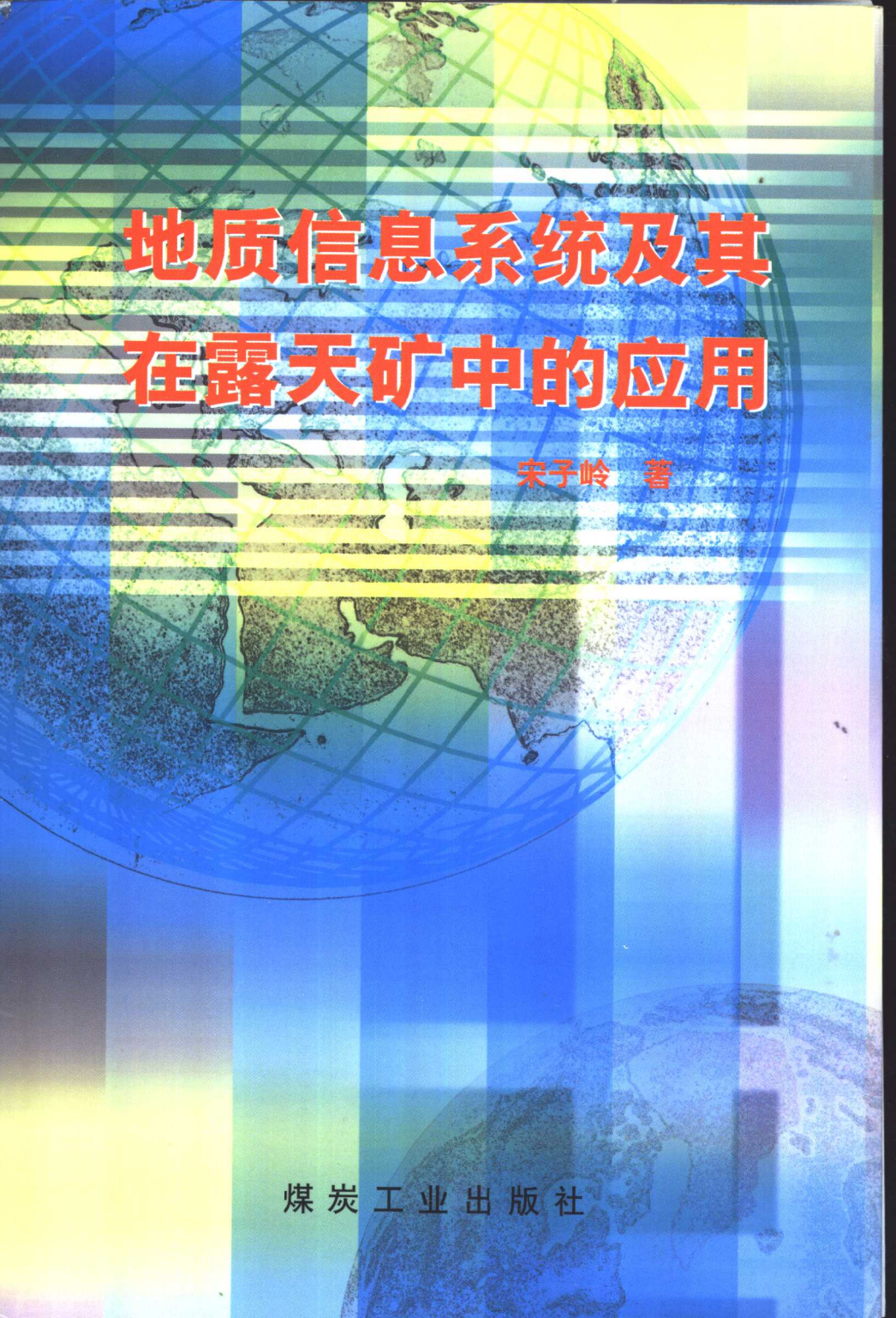




地质信息系统及其 在露天矿中的应用

宋子岭 著

煤炭工业出版社

地质信息系统及其 在露天矿中的应用

宋子岭 著

煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地质信息系统及其在露天矿中的应用/宋子岭著.
北京: 煤炭工业出版社, 2003
ISBN 7-5020-2263-5

I. 地… II. 宋… III. 矿山地质-信息系统-研究 IV. TD1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 003365 号

地质信息系统及其在露天矿中的应用

宋子岭 著

责任编辑: 黄朝阳

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

北京房山宏伟印刷厂 印刷

*

开本 $850 \times 1168 \text{mm}$ $1/32$ 印张 $5\frac{1}{2}$

字数 150 千字 印数 1—600

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

社内编号 5034 定价 15.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书共有9章,第1章概述;第2章介绍建立地质信息系统所需的基础资料的类型、处理方法及数据结构;第3章矿床地质模型的建立,包括:矿床模型范围的确定,构模方法,估值方法,断层、边界、夹矸层、尖灭点的处理,地表地形及地层层面实体的描述方法,三角网模型和格网模型的建立方法,本章还详细介绍了一种考虑了煤矿床各向异性的改进的距离幂次反比估值法;第4章地质储量及矿岩量计算方法;第5章矿石质量指标模型的建立方法;第6章地质图件的形成与绘制;第7章地质信息系统的信息查询、修改、更新与维护;第8章地质信息系统在矿山开采计划系统中应用,第9章介绍 VULCAN 软件系统的结构、功能及其在露天矿的应用。

本书可作为矿业工程及地质工程专业的研究生、本科生的教材,也可作为采矿、地质和矿业工程 CAD、矿业计算机应用工作人员的参考书。

作者简介

宋子岭，男，1965年7月生于内蒙古赤峰市，1987年7月毕业于阜新矿业学院；1990年6月获阜新矿业学院采矿工程专业硕士学位；现在辽宁工程技术大学资源与环境工程学院从事教学与科研工作，教授，硕士生导师，是辽宁省采矿工程学科的青年骨干教师。多年来一直从事露天开采技术与理论、矿业工程CAD系统工程优化、卡车调度等方面研究，取得较突出的研究成果，形成了稳定的学术研究方向。主持或参加科研项目10余项，1项成果获辽宁省政府科技进步二等奖（第1名），3项成果获阜新市政府科技进步一等奖。1项通过国家级鉴定，5项通过省部级鉴定，5项通过市局级鉴定。主持完成国家“863”项目的子项目1项，主持完成原煤炭部优秀青年基金项目1项。曾获中国煤炭学会“露天采煤青年科技奖”。

前 言

通过多年的研究生教学和相关科研项目研究,取得了一定的研究成果,积累了一些经验,在矿山工程优化和矿床地质模型科研课题研究中,特别是通过大型课题“露天煤矿短期开采计划编制系统及其优化”的研究,针对地质模型建模中的估值方法进行了深入研究,提出了一种考虑了煤矿床各向异性的改进的距离幂次反比法,丰富了地质模型估值理论。通过承担完成国家“863”项目“元宝山露天矿CIMS集成系统”的子项目“采矿工程CAD分系统”,深入研究了由澳大利亚MAPTEK公司开发的VULCAN软件系统,该系统是集采矿、地质、测量、工程设计等于一体的三维立体图形处理及三维模型建立软件系统,其功能强大、实用性强,本书详细介绍了该系统的功能、原理及其在我国露天煤矿的开发应用。

本书系统地介绍了建立地质信息系统的方法、步骤和理论,详细介绍建立地质信息系统所需的基础资料的类型、处理方法及数据结构;建立矿床地质模型时的模型范围确定、构模方法、估值方法和断层、边界、夹矸层、尖灭点的处理,地表地形及地层层面实体的描述方法,平面三角网和立体三角网模型和格网模型的建立方法等;地质储量及矿岩量计算方法和矿石质量指标模型的建立方法;地质图件的形成与绘制等。

在本书编写过程中,得到了辽宁工程技术大学采矿工程学科的许多老师和专家的支持和帮助,在此向他们表示诚挚的感谢。由于水平有限,书中难免有不到之处,敬请读者和专家指教。

作 者

于辽宁工程技术大学

2002年12月

目 录

前 言

第 1 章 概 述	1
1.1 地质信息系统及其在国内外发展动态	1
1.2 地质信息系统的主要内容	2
第 2 章 基础资料	4
2.1 基础资料的类型	4
2.2 数据的分析与整理	4
第 3 章 矿床地质模型的建立	10
3.1 矿床模型范围的确定	10
3.2 构模方法	11
3.3 估值方法	18
3.4 断层、边界、夹矸层、尖灭点的处理	40
3.5 地表地形及地层层面实体的描述方法	45
第 4 章 地质储量及矿岩量计算方法	49
4.1 块段累加法	49
4.2 剖面算法	49
4.3 平面算法	50
第 5 章 矿石质量指标模型	52
5.1 金属矿床的矿石品位	52
5.2 煤矿床的煤质指标	52
第 6 章 地质图件的形成与绘制	54
6.1 地质剖面图的形成与绘制	54
6.2 等值线图的形成与绘制	57
第 7 章 地质信息系统的信息查询、修改、 更新与维护	60
7.1 信息查询	60

7.2	系统的修改、更新与维护	61
第 8 章	地质信息系统在矿山开采计划系统中的 应用	62
8.1	短期计划编制系统及其模型建立	62
8.2	矿山工程图的绘制	78
第 9 章	VULCAN 软件系统及其在露天矿的应用	85
9.1	VULCAN 系统的基本结构	85
9.2	VULCAN 模块功能	87
9.3	Envisage 3D Editor 模块功能	88
9.4	Database Editor [Dbeute] 模块功能	144
9.5	Borehole Graphics [Bhgute] 模块功能	145
9.6	Grid Reserves [Rsvute] 模块功能	146
9.7	Advanced 2D Grid Modelling [Gdcdlc] 模块功能	147
9.8	用 VULCAN 系统建立露天矿矿床地质 模型	151
9.9	用 VULCAN 系统编制露天矿生产计划	161
9.10	VULCAN 系统应用实例	165
	参考文献	166

第 1 章 概 述

1.1 地质信息系统及其在国内外发展动态

1.1.1 地质信息系统

地质信息系统就是综合运用数字化技术、图形技术、计算机技术等，用一定的方法建立矿床地质模型，对某一地区的地质地形进行准确而详细的描述，具有对地质地形信息存贮、查询、修改，计算地质储量和矿层品位，绘制地质地形图件，进行地质分析等功能的信息系统。

1.1.2 国内外发展动态

由于地质和采矿中需要处理大量的数据和图形，非常繁琐，人们自然而然地就想到了用计算机代替人们做一些工作，比如处理数据、计算地质储量等，并且取得了一些成果。这时计算机仅仅只能做为一种辅助工具做一些简单的计算工作，还不能建立矿床地质模型。随着计算机技术的发展，人们逐渐认识到计算机不仅仅能够计算，还可以进行地质分析，绘制地质图件，全面准确地描述地质地形，用计算机建立矿床地质模型的技术终于发展起来。用计算机建立矿床地质模型，首先，必须对地质、地形的初始资料（钻孔信息、断层信息、地质探槽信息等）进行详细的分析、处理；然后，对地质地形赋存情况进行分析，对矿层边界、出露头、断层等作出准确的描述。由于地质地形的复杂性，对其描述也十分复杂，因此，国内外的有关人员进行了大量研究，逐渐提出了块段建模法和界面构模法。对未知点的估值方法有多边形法、距离幂次反比法、克里金法（地质统计学法）、趋势面法、加权小二乘拟合法等。矿床模型类型基本有二维（2D）平面模型和三维（3D）立体模型两种。二维模型很快就发展到成熟，大专院校和科

研单位与矿山企业联合开发了许多矿床模型，国内的有：霍林河露天矿矿床地质模型；黑岱沟露天煤矿矿床地质模型；新疆铁厂沟露天矿矿床地质模型；平庄西露天矿矿床地质模型；元宝山露天矿矿床地质模型等等，这些矿床模型都是用高级语言（FORTRAN、BASIC、C 语言）开发的，都是二维平面模型，其精度和可靠性都较高，基本能满足地质管理和采矿的要求。但是在矿床模型应用的方便性方面不能满足人们的要求，人们要求能够看到三维立体模型，可以从不同角度观察矿床地质模型。以前由于受计算机运算速度、内存、硬盘的限制，三维立体化一直未能达到满意的效果。国外在建立三维立体矿床模型方面发展的比较快，现在已经十分成熟，比较有代表性的有：澳大利亚 MAPTEK 公司开发的 VULCAN 软件系统（现已应用于我国内蒙平庄元宝山露天煤矿、山西平朔安太堡露天煤矿），在欧美国家广泛应用。该系统内容丰富、功能强大，三维立体效果好。但是，我国目前还没有一套较好的三维矿床模型系统，还需要做进一步的研究工作，开发一套完整的三维矿床模型系统，以填补这项空白。

随着计算机技术的发展，相继出现了管理信息系统(MIS)、计算机集成制造系统(CIMS)等。人们提出了在原来矿床地质模型系统基础上建立“地质信息系统”。地质信息系统(GIS)较矿床地质模型系统更完整，功能全、信息多、使用方便、更加系统化。但是其核心是建立准确可靠的三维矿床地质模型。

1.2 地质信息系统的主要内容

- (1) 概念及其应用范围；
- (2) 基础资料的类型、分析与整理；
- (3) 矿床模型建模范围的确定；
- (4) 矿床模型的建立：
 - ①构模方法：块段构模法、界面构模法；
 - ②估值方法：多边形法、距离幂次反比法、克里金法、趋势面法、加权最小二乘法、改进的距离幂次反比法；

③断层、边界、夹矸层、矿层尖灭点等的处理方法；

④地表地形及地层层面实体的描述方法：三角网、矩形网、平面插值法；

(5) 矿岩量、地质储量的计算方法：块段累加法、平面算量法、断面算量法；

(6) 矿石质量（品位、煤的灰分、发热量、硫分、水分等）指标的模型与处理方法；

(7) 地质剖面图、平面图、顶底板等值线图、矿层厚度等值线图的形成与绘制；

(8) 地质信息系统的信息查询；

(9) 地质信息系统的修改、更新与维护。

第2章 基础资料

2.1 基础资料的类型

要想建立准确可靠的地质信息系统，必须首先获得足够的基础资料和信息，建立地质信息系统需要以下几方面的基础资料。

(1) 钻孔信息，钻孔成果表或柱状图是钻孔信息的主要载体，信息内容包括钻孔的孔口中心坐标 (x, y, z) ；自上而下地层的层名；每层的顶底板标高；钻孔深度；钻孔的方向（斜孔或弯孔信息）；每层矿层的质量化验指标（品位、灰分、发热量、硫分、水分等）。

(2) 断层信息，包括断层类型、断层面空间范围、空间形状等，能准确描述断层的赋存情况。

(3) 矿层剥蚀、风化信息，即风化面、剥蚀面各项数据。

(4) 地质地形图或地形照片。

(5) 其它有关信息，如探槽、探井、地质写实信息等。

2.2 数据的分析与整理

2.2.1 钻孔信息的数据分析与整理

收集建模范围内的所有钻孔详细成果表（由地质部门提供）。包括以下信息：孔号，孔口坐标 (x, y, z) ，煤层名，底板标高，煤层伪厚，夹矸厚度，煤层结构，煤层级别，煤层倾角，煤层采出率（%），钻孔成果表中“煤层结构”的数据意义，例如，某煤层结构为：2.69 (0.80) <0.78> 《1.99》，则数据意义如下：2.69 表示煤层中的小煤分层厚度（伪厚）；(0.80) 表示煤层中的小夹矸厚度（伪厚）；<0.78> 表示劣质煤作为小夹矸处理厚度（伪厚）；《1.99》表示高灰煤厚度（伪厚）。

处理钻孔数据时，首先，必须与地质工程师密切配合，分析钻孔煤层结构，确定一个合理的煤层划分原则，根据划分原则，并参考周围钻孔，对每个钻孔中的各个煤层中的分层进行划分，给煤层分层编号，确定顶、底板标高，分层厚度，每个分层中的夹矸厚度。并根据周围钻孔进行煤层对比分析，确定各个小分层的层位。这项工作十分复杂，要求严格，合理划分煤层是保证钻孔信息可靠性的关键，因此，必须细心去做。

然后，整理钻孔数据，如图 2-1 所示，煤层结构数据格式举例如下。

孔口标高			孔深
表土层底板		表土层	
1.1煤层顶板		基岩层	
1.1煤层底板		1.1煤层	
1.2煤层顶板			
1.2煤层底板		1.2煤层	
1.3煤层顶板			
1.3煤层底板		1.3煤层	
2.1煤层顶板			
2.1煤层底板		2.1煤层	
2.2煤层顶板			
2.2煤层底板		2.2煤层	

图 2-1 钻孔结构示意图

孔号 (7801)，孔口坐标 (x, y, z)，孔深
煤层号 (1)，煤层顶板标高，底板标高 (或顶板深度，底板深度)

{	煤层分层号(1. 1),	分层顶板标高,	底板标高,	夹矸厚度
{	煤层分层号(1. 2),	分层顶板标高,	底板标高,	夹矸厚度
{	...	...	...	...

煤层号(2),煤层顶板标高,底板标高(或顶板深度,底板深度)

{	煤层分层号(2. 1),	分层顶板标高,	底板标高,	夹矸厚度
{	煤层分层号(2. 2),	分层顶板标高,	底板标高,	夹矸厚度
{	...	...	...	...

煤层号(3),煤层顶板标高,底板标高(或顶板深度,底板深度)

{	煤层分层号(3. 1),	分层顶板标高,	底板标高,	夹矸厚度
{	煤层分层号(3. 2),	分层顶板标高,	底板标高,	夹矸厚度
{	...	...	...	...

.....

注:顶板深度、底板深度是指自钻孔孔口至煤层顶板、底板的深度。

如果煤层分层需要继续划分第二级分层,则根据分层原则整理出第二级分层的分层号,煤层顶底板标高,夹矸厚度等。

如果某一煤层无分层,则整理出该煤层顶底板标高,夹矸层厚度等。

煤层编号要按一定规律,通过煤层编号就能区分出该层是第几级分层,属于哪个煤层的分层,如编号“6.12.3”表示6号煤层的第12分层的第3号小分层;编号“6.2”表示6号煤层的第2分层;编号“6”表示第6号煤层等等。

如果某一钻孔是斜孔或弯孔,如图2-2所示,则整理出数据格式如下。

孔号(1),开始倾斜点的标高,倾斜的方位角(在 xy 坐标内),
倾角(与水平面夹角)

孔号(2),开始倾斜点的标高,倾斜的方位角(在 xy 坐标内),
倾角(与水平面夹角)

孔号(3),开始倾斜点的标高,倾斜的方位角(在 xy 坐标内),
倾角(与水平面夹角)

.....

.....

对于矿石质量指标(如品位, 煤的灰分 A 、发热量 Q 、硫分 S 、水分 W 、磷分 P) 的整理, 格式如下。

孔号 (1), 煤层号 (或分层号), A, Q, S, P, W

煤层号 (或分层号), A, Q, S, P, W

煤层号 (或分层号), A, Q, S, P, W

• • • • •

• • • • •

孔号 (2), 煤层号 (或分层号), A, Q, S, P, W

煤层号 (或分层号), A, Q, S, P, W

煤层号 (或分层号), A, Q, S, P, W

• • • • •

• • • • •

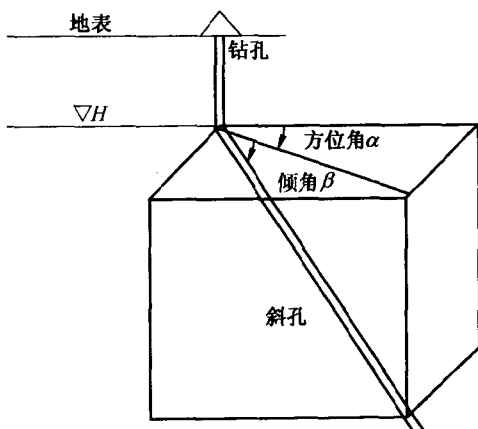


图 2-2 斜孔方位角及倾角示意图

也可将质量指标数据与煤层结构数据合并在一起。如果所建矿床为非层状矿体, 则将钻孔自上而下划分成等长度的段, 每段看成一个分层, 每段的长度视矿体品位变化情况和精度要求确定, 当矿体品位变化较剧烈时, 分段的长度应小些, 反之, 当矿体的品位

变化不大时,分段的长度可大些。分段的长度越小其精度越高。借用层状矿体的概念,将每一分段视为一个分层,其上、下分层面成为该分层的顶底板,如图 2-3 所示,其数据整理结构如下。

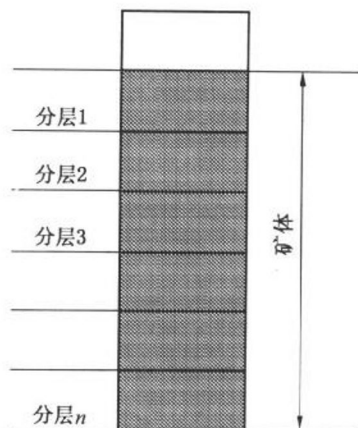


图 2-3 非层状矿体钻孔分段示意图

孔号, 孔口坐标 (x, y, z) , 孔深

分层号, 分层顶板标高, 底板标高, 品位, 岩性

分层号, 分层顶板标高, 底板标高, 品位, 岩性

分层号, 分层顶板标高, 底板标高, 品位, 岩性

• • • • •
• • • • •

2.2.2 断层信息的数据分析与整理

对于矿床模型范围内的所有断层,确定断层的性质(正断层、逆断层),断层面的空间产状(范围、走向、倾向、倾角)其数据结构如下。

断层号(名), 断层性质(正、逆)

断层面的边界(空间闭合曲线): $(x, y, z), (x, y, z), \dots\dots\dots (x, y, z)$

断层上盘各煤层顶、底板与断层面的交线:

