



固体矿产勘查三维优化方法

——基于R-TIN/ GR-TIN 勘查网和TTP- $\sqrt{3}$ 曲面细分

黄桂芝 著



科学出版社

固体矿产勘查三维优化方法

——基于 R-TIN/GR-TIN 勘查网和 TTP- $\sqrt{3}$ 曲面细分

黄桂芝 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书提出了一种基于 R-TIN/GR-TIN 勘查网和 TTP- $\sqrt{3}$ 曲面细分的固体矿产勘查三维优化方法,其主要内容包括:①旋转顶点处各有一个钻孔、内部有三个钻孔的正方形,并拼接为正方形配套单元,再通过平移复制形成交错分散性更好的旋转式三角形勘查网,或在此基础上以 $\sqrt{3}$ 细分方法进行加密,选择一种作为勘查网;②在参考层局部底板等高线图的基础上,通过旋转虚拟岩心,建立不同情况下只要一个非定向斜孔见到断层或矿层,就可以求得其实产的数学模型;③依据相邻三个数据点(钻孔资料、分析点或内插点)处同一矿层或断层的三维坐标和产状建立求解所圈定的三角形曲面产状变化过渡点的三维坐标和产状的数学模型;④依据钻孔中所见矿层或断层的三维坐标和产状建立求解和内插断矿交点的数学模型;⑤利用已知地质点、分析点及其内插加密点制作勘查区三维地质模型或矿层底板等高线图;⑥在三维模型中,调整尚未施工钻孔的位置以对断层和矿层进行三维追踪控制,在新施工钻孔完工后及时进行三维模型的补充、修改和完善;⑦采用基于 R-TIN/GR-TIN 勘查网和 TTP- $\sqrt{3}$ 曲面细分方法的三角形模型法或三角形曲面积分法估算资源/储量。

本书是固体矿产勘查领域的研究成果,可供该领域的教师、学生和工程实践人员使用。由于 R-TIN/GR-TIN 勘查网和 TTP- $\sqrt{3}$ 曲面细分方法在地理信息系统及相关领域具有广泛的适用性,也可作为地理信息系统专业及相关专业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

固体矿产勘查三维优化方法:基于 R-TIN/GR-TIN 勘查网和 TTP- $\sqrt{3}$ 曲面细分 / 黄桂芝著. —北京:科学出版社, 2018. 3

ISBN 978-7-03-056229-6

I. ①固… II. ①黄… III. ①地理信息系统-应用-固体-矿产资源-地质勘探 IV. ①P624-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 323668 号

责任编辑:韩 鹏 刘浩旻 姜德君 / 责任校对:张小霞

责任印制:肖 兴 / 封面设计:铭轩堂

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

艺堂印刷(天津)有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018 年 3 月第一次印刷 印张:12 1/4

字数:275 000

定价:148.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

传统固体矿产勘查方法解决了勘查工程布置、钻孔弯曲校正、地质图件编制和资源储量估算等问题，使其勘查成果能够以二维和二维五维图件形式表达出来，为固体矿产勘查及后续的矿井建设和开采立下了不可磨灭的功勋。我们今天的想法和认识，凝聚着前人的智慧，没有过去，也不会有现在和将来。因此，在本书出版之际，首先向为地质事业发展做出贡献的地质工作者致以崇高的敬意。

由于矿产赋存情况的复杂与多变，作者认为 Roger Marjoribanks 在 2010 版的 *Geological Methods in Mineral Exploration and Mining* 的前言中引用的“资料不是信息，信息不是知识，知识不是理解，理解不是智慧”，很好地说明了地质分析与研究的重要性，故在此借用以表达著述本书的目的。

书中正文的引用情况为：绪论中分别引用了赵鹏大、曹代勇、阳正熙、罗智勇等的文献。2.1 节中引用了《固体矿产资源/储量分类》(GB/T 17766—1999)、《固体矿产地质勘查规范总则》(GB/T 13908—2002)、《勘查成果、矿产资源量、矿石储量报告澳洲规范》(JORC 规范)中的内容和阳正熙于 2011 年在《矿产勘查学》中对国外矿产资源/储量估算方法中三角形模型法的介绍，其中，JORC 规范的译文引用于网络，对 JORC 规范的解读部分引用于阳正熙 2011 年的《矿产勘查学》，专家对国内规范的解读部分引用于国土资源部严铁雄的《固体矿产勘查规范与应用讲义课件》；2.2 节超低密度地球化学填图设计案例中，引用了李长江、麻士华 1999 年的《矿产勘查中的分形、混沌与 ANN》中正方形采样网格与中国矿田(床)呈分形分布构成的密集区“特征尺度”的对应情况；3.2 节公式推导中使用了朱志澄、曾佐勋、范光明 2008 年编写的《构造地质学》中以真、伪倾向间夹角换算真、伪倾角的公式，3.6 节中岩心中矿层产状计算实例中 B 套公式的计算数据由商宇航完成；第 5 章三角形曲面内插和第 6 章断矿交点内插的测试数据采用李富成编制的计算机应用程序完成；7.1 节中计算机辅助编制地质勘查图件的发展简介部分引用了曹代勇等 2007 年《煤炭地质勘查与评价》一书中的内容，7.2 节三角形曲面积分的资源/储量估算中二次曲面方程的求解方法部分引用了李玲(2009)的研究内容。其余部分均由作者在自己近年来的专利内容及先前相关研究的基础上深化、细化，辅以案例而成。因作者文字功底浅薄，有些内容又不好表述，难以曲尽本意，不妥之处，诚盼指点。

本书插图来源如下：图 1.2~图 1.4、图 1.6、图 1.7、图 2.16、附图 45、附图 46 引用于黑龙江龙煤矿业控股集团有限责任公司双鸭山矿业分公司、鹤岗矿业分公司三个煤矿的原矿图；图 2.17、图 5.1 是在原矿图(图 2.16)的基础上编制；图 3.2、图 3.3 分别引用于 Roger Marjoribanks 的 *Geological Methods in Mineral Exploration and Mining* 中的 Fig. 7.4、Fig. B.6；图 3.1(c)引用于网络；图 5.2、图 7.2 由马远平、杨宝亮、张高鑫、倚江星在 3Dmine 软件中完成；图 3.16(a)~(c)、图 3.17(a)~(c)、图 3.18(a)~(c)、图 6.1、图 8.1 由黄成在 SolidWorks 软件中完成；图 3.16(d)、图 3.17(d)、图 3.18(d)

由作者用赤平投影网绘制；其余均由作者用 AutoCAD 软件绘制。

附录中 R-TIN 用于煤田勘探反演案例的 44 幅小剖面图，是作者为以实例发现问题而编制的完整案例，希望能够抛砖引玉，倡导对较复杂及复杂构造从多方向进行综合分析，避免错误解释。这些小剖面联合组成一个复杂的剖面系统，改一点而牵多处，在分析、修改或审核时，难免出现顾此失彼的现象，敬请指正。

因作者无法联系到图 3.1 (c)、图 3.2、图 3.3 的版权所有者，只能请其看到本书后与作者联系，邮箱是 1911704025@QQ.com。

在作者开展相关研究和著述过程中，黑龙江科技大学芦少春副教授、黑龙江省煤田地质勘察院吴琨院长、黑龙江省国土资源厅吴迪副厅长和高兆清高级工程师、黑龙江省煤田地质局王金山副总工程师、黑龙江龙煤矿业控股集团有限责任公司双鸭山矿业分公司地质测量部孟祥国高级工程师、黑龙江省地质矿产局第五地质勘察院孙甲富院长、国土资源部矿产资源储量司储量处张延庆处长、北京恩地科技发展有限公司唐长钟总经理和马爱玲总工程师、北京三地曼矿业软件科技有限公司李成龙副总经理、北京宏邦桩业岩土工程有限公司戴洪林总经理、中国矿业大学曹代勇教授等给予了鼓励、支持或建议；成都理工大学阳正熙教授在素不相识、冒昧相求的情况下耐心审阅了书稿，指出问题并提出修改建议；付丹、胡金龙、胡银龙、李慧鹏、张宝旭、李明、林涛等为书稿的部分插图做了 CAD 图件的初始绘制工作；刘训涛和黄成做了岩心中矿层产状的计算机模拟；马远平编写了求解岩心中矿层或断层产状、求解断矿交点的计算机应用程序；董长吉编写了 R-TIN 的 CAD 图形的计算机应用程序；李富成编写了 R-TIN、三角形曲面内产状变化过渡点内插、断矿交点内插的计算机应用程序；张高鑫、倚江星做了矿产勘查三维优化的实例模型；黄成做了矿体削皮的计算机模拟；商宇航做了岩心中矿层产状 B 套数学模型的计算。在此，一并深致谢意。

作者

2017 年 5 月

目 录

前言	
绪论	1
第 1 章 R-TIN/GR-TIN 及其 $\sqrt{3}$ 加密网设计	4
1.1 传统勘查网型及存在问题、改进方向	4
1.1.1 传统勘查网型	4
1.1.2 存在问题	6
1.1.3 改进方向	15
1.2 R-TIN/GR-TIN	17
1.2.1 构网方法	17
1.2.2 坐标计算	18
1.2.3 特点	19
1.3 R-TIN 的多形网	24
1.4 GR-TIN/R-TIN 的 $\sqrt{3}$ 加密网	26
1.4.1 一级 $\sqrt{3}$ 加密网	27
1.4.2 二级 $\sqrt{3}$ 加密网	28
1.4.3 三级 $\sqrt{3}$ 加密网	30
1.4.4 n 级 $\sqrt{3}$ 加密网	31
1.4.5 GR-TIN/R-TIN 与其一级、二级、三级 $\sqrt{3}$ 加密网叠置	32
第 2 章 R-TIN/GR-TIN 及其 $\sqrt{3}$ 加密网的应用可行性研究	34
2.1 用于煤田勘查的可行性研究	34
2.1.1 与正方形网对比	34
2.1.2 钻孔间距与地质可靠程度	38
2.1.3 储量估算	42
2.1.4 GR-TIN 及其 $\sqrt{3}$ 加密网的具体方案	44
2.2 设计或反演案例	49
2.2.1 地形图缩放设计案例	49
2.2.2 1:5 万或 1:2.5 万水系沉积物测量设计案例	50
2.2.3 1:5 万或 1:2.5 万土壤地球化学测量设计案例	51
2.2.4 超低密度地球化学填图设计案例	52
2.2.5 煤田勘探设计案例	52
2.2.6 煤田勘探反演案例	55
第 3 章 旋转虚拟岩心法求解非定向钻孔岩心中断层或矿层产状	60

3.1	已有方法概述	60
3.2	岩心中断层(矿层)产状与其在地下原产状间的解析关系	62
3.2.1	旋转虚拟岩心	62
3.2.2	数学模型	67
3.3	求解方法	71
3.3.1	D、E、F、G类型的方法与步骤	71
3.3.2	A、B、C类型的方法与步骤	71
3.3.3	特点	73
3.3.4	A、B、C类型的合理性分析	74
3.4	公式推导	76
3.5	实例	79
3.6	数学模型计算、计算机模拟、赤平投影验证	80
第4章	解析法求断矿交点	88
4.1	本盘断矿交点	88
4.1.1	求解方法	88
4.1.2	实例	106
4.2	另一盘断矿交点	107
4.2.1	断层两盘矿层产状变化情况下的地层断距	107
4.2.2	另一盘断矿交点的求解方法	108
4.2.3	实例	110
4.3	本盘断矿交线方位公式推导	111
4.3.1	断层与矿层倾向相反的情况	111
4.3.2	断层与矿层倾向相同的情况	113
4.4	本盘断矿交点公式推导	114
4.4.1	钻孔中见断层点高程大于见矿层点高程的情况	114
4.4.2	钻孔中见矿层点高程大于见断层点高程的情况	117
第5章	三角形曲面内产状变化过渡点	119
5.1	求解方法	119
5.2	实例	126
5.2.1	一级内插结果	126
5.2.2	二级内插的结果	128
第6章	相邻两断矿交点间断矿交线倾伏变化过渡点	133
6.1	求解方法	133
6.1.1	相邻两断矿交点高程不相等的情况	134
6.1.2	相邻两断矿交点高程相等的情况	138
6.2	实例	143
6.2.1	相邻两断矿交点高程不相等的情况	143
6.2.2	相邻两断矿交点高程相等的情况	145

第7章 基于GR-TIN/R-TIN和TTP- $\sqrt{3}$ 曲面细分的三维优化地质模型	147
7.1 三维优化地质模型	147
7.1.1 钻孔设计三维优化	147
7.1.2 建模方法和实例	148
7.1.3 矿层底板等高线图	153
7.2 三角形模型和三角形曲面积分的资源/储量估算方法	154
7.2.1 估算方法	154
7.2.2 误差	155
第8章 总结	157
参考文献	161
附录 R-TIN 基本网用于煤田勘探反演案例中的剖面图	163

绪 论

矿产勘查的特点是在不确定的条件下进行决策,因此,其理论的核心是预测。预测不同于猜测,其区别就在于预测是有理论指导的(赵鹏大,2001)。矿产勘查的预测包含在两个阶段,一是在找矿预查阶段,其目的是千方百计地发现矿层(床);二是在普查、详查和勘探阶段,其目的是在预测的性质上对矿层(床)形态和地质构造进行相对的推断、控制或探明。将这两个阶段的理论与方法结合起来,就组成了矿产勘查的理论与方法。

本书内容不包含找矿预查阶段的地质成矿理论和矿床预测理论,只对普查、详查和勘探阶段固体矿产勘查方法(根据不同情况,也简称矿产勘查方法)中的一些问题进行研究与探讨。

普查、详查和勘探阶段的矿产勘查方法很重要。例如,钻孔布局不当、钻孔资料挖潜利用程度较低、地质图件编制方法不合理等,将导致勘查成果的可靠性降低。而且,在普查、详查和勘探阶段,随着钻探工程的不断投入,勘查工作的经济性更加凸显,如何以最小的代价(如人力、财力及物力的消耗)、最快的速度获取充分必要的有用信息(赵鹏大,2001)是我们面临的一个难题。近年来,随着相关学科突飞猛进的发展,许多新技术、新方法被引入矿产勘查中,如三维地震、遥感、地理信息系统、全球定位系统、科学计算、计算机制图技术、可视化技术、图形图像处理技术等,它们极大地推动了矿产勘查数字化、信息化的进程(罗智勇,2008),AutoCAD、MapGIS、Longruan GIS、3DMine、SD系列软件、DGSS等软件已在很大程度上代替了过去繁重的人工绘图和编图工作,矿产勘查领域的地质建模由原来的二点五维升至三维。但钻探工程仍然是矿产勘查工作中非常重要、不可替代的工作,勘查方法中的钻孔布局、地质分析方法及图件编制方法仍然是影响勘查质量的关键要素。在以往的勘查实践中,由于钻探工程的高成本,往往用较低的密度去应对矿层(床)与地质构造的复杂与多变,这就必然导致矿产勘查质量的降低。随着能源短缺问题的日益严重,或将面临较深部矿产资源、海底矿产资源及低品位矿产资源的勘查所带来的成本日益增大的问题。因此,应大力加强矿产勘查方法的研究,寻求既可降低勘查成本,又可提高勘查质量的途径。

矿产勘查学最早的知识体系是苏联学者 V. M. Kreiter 根据苏联第一个五年计划期间在矿产勘查方面积累的经验总结而成的《矿床找矿勘探方法》。该书于1940年在我国出版(阳正熙,2011),书中所述的勘查方法即是传统矿产勘查方法,其实质是直线剖面法,是将钻孔设计在直线式勘查线上,钻探工程完工后,先编制倾向和走向系列剖面图,然后将所有勘查线剖面上的断矿交点、与高程线相交的矿层点都投影到矿层底板等高线图上的剖面线上,经过相邻剖面间的地质分析和连接,编制出矿层底板等高线图,并估算资源储量,使矿产勘查成果能够以二维和二点五维的图件形式表达出来。即,该方法是由简约式行列分布的二维垂直剖面架立起的勘查网型、数据挖掘、数据内插、二点五维图件编制方法和资源/储量估算相融合的一个整体。

任何理论和方法都是为解决当时某领域的主要问题应运而生的,随着时间的推移、情况

的变化和相关学科技术的发展,原有的非主要问题会愈加凸显,并出现新问题。随着新老问题的不断累积和堆砌,必会有新的理论与方法推陈出新。对于传统矿产勘查方法来说也是如此,它诞生时系统论思想尚在萌芽状态,计算机技术还未出现,在当时的条件下,人们只能是先剖面、后整体,且以较稀疏的纵横剖面简略地勾勒出整体,这种勘查思想和方法对于当时的技术水平而言是最切实可行的。它的主要优点是钻孔都布置在直线式勘查线上,为勘查线剖面上的地质分析提供了直观性和方便性。但在简约式行列框架的约束下其不足也日益显著:勘查网均匀布局;弯曲钻孔在剖面图上的校正会不可避免地产生误差,不利于数据挖掘;数据分析与数据内插主要在剖面上,且侧重于数据点间距离的影响,忽视或淡化了方向和夹角的影响;资源/储量估算方法中多以四边形圈定资源/储量块断,影响体积估算的准确性;地质图件编制方法缺少三维的灵活性,在二维垂直剖面 and 二点五维矿层底板等高线图上均不能很好地表现矿层(床)或构造的形态。这五个方面的弱弱链接使三维地质建模的正确性和准确性停留在无法满足较高程度需求的阶段,只适用于简单地质体的建模,在构造复杂情况的三维断矿对比与分析时无能为力。可见,对于三维精细化地质建模而言,如果不打破“地质图件编制”中直线剖面式的约束,不打破传统勘查网型中钻孔的均匀布局,不解决数据的分析与内插只在剖面上,且侧重于数据点间的距离,而忽视或淡化了方向 and 夹角的问题,不摒弃地质分析和资源/储量估算中普遍应用的四边形法的粗略性,不改变先剖面后平面的图件编制顺序,则三维精细化地质建模的理想从理论上来说是不可能实现的,除非钻探成本很低,可以不计较钻孔密度。有些多年从事矿产勘查实践的专家对此也早有深刻的认识,如西安科技大学的樊怀仁在曹代勇等编著的《煤炭地质勘查与评价》一书中提出“在勘查工程布置系统上,从均匀的勘探线和勘查网系统向不均匀的复合勘探系统方向发展”(曹代勇等,2007)。

目前,对于三维地质建模而言,采用非剖面的方法建模,如直接点面法、三棱柱、混合建模等方法制作三维地质模型的理论已较成熟,主流矿业软件可根据钻孔、探槽、探井、物探资料交互式生成轮廓线,根据地质规律交互式建立地质模型,根据地质统计方法或其他方法插值生成块体模型,如 Vulcan、Datamine、MineSight 等软件(杨东来等,2007)。但在我国矿产勘查的实际工作中,所用勘查方法仍然是传统的矿产勘查方法。

地质空间关系解释是地质研究中最艰难的工作。在断层交错分割、断层与矿层(床)产状多变的情况下,以二维的剖面图和二点五维的平面图难以表现矿层(床)赋存的复杂性,以所有的平面图和剖面图为依据在大脑中建立起矿层(床)与构造三维形态的工作,即使对于有长期工作经验的地质专家也是很难的。因此,以三维优化的勘查方法建立三维优化的可视化地质模型来解释勘查区内复杂的地质空间关系,并以此指导后续的矿产勘查、矿井建设与开采一直是地质人的梦想。从其起步开始,矿产勘查方法中就蕴含了三维优化的雏形。在之后的时间里,人们在矿产勘查领域所做的一切努力均是为了向更好的三维优化的目标前进,如三维地震、3D定向钻孔雷达系统、岩心CT扫描设备、SD法等。

本书所探讨的固体矿产勘查三维优化方法的思路如下:第一,在进行钻孔设计时,打破直线剖面法的壁垒,在系统工程思想的指导下,在降低钻孔密度的前提下,以交错分散、疏密相间和呼应配合的复杂网络期望获得更加合理的数据分布;第二,通过对岩心资料的深层次挖掘获得隐含的产状信息,并以此为基础使求解和内插的断矿交点数据、内插的矿层(床)与

断层曲面产状变化关键点的数据均为向量;第三,在多方向地质分析的基础上,利用实际钻孔数据、分析数据和内插数据通过矿层(床)与断层分别建模的方法建立三维地质模型;第四,灵活设计、调整未施工钻孔,实现重点处稠密钻孔、一般处疏以呼应的详略得当的钻孔布局,并进行下一阶段钻孔的三维优化设计;第五,采用三角形模型法或三角形曲面积分法估算资源/储量;第六,剖切所需剖面。这样,就不需要以剖面图为基础,也不需要将弯曲钻孔投影到剖面上,因此,不限于直线式剖面、不限于勘查网型,只要钻孔布局有利于地质分析即可。这种勘查方法属于非剖面勘查法。

截至目前,本书内容是作者在该方面理论研究、案例反演、计算机模拟和研发软件应用的总结,并未在勘查实践中应用。究竟效果如何,还需时间检验。

第 1 章 R-TIN/GR-TIN 及其 $\sqrt{3}$ 加密网设计

在未知、略知及少知矿层(床)和构造赋存形态的预查、普查和详查阶段布局钻孔,只能以更好的分散性实现对矿层(床)和构造的多方向兼顾控制,同时,为勘探阶段钻孔的合理布局奠定基础。本章设计了一种以顶点处各有一个钻孔、内部有三个钻孔的正方形的旋转和拼接实现钻孔间三角形的交错分散及黄金分割的非均匀三角形矿产勘查网。

1.1 传统勘查网型及存在问题、改进方向

影响勘查程度的主要因素是勘查网型、勘查工程密度和地质研究三个方面。勘探网型和勘查工程密度在一定程度上提供又限制了地质研究的方便性和可靠性。即,对于地质研究而言,勘探网型和勘查工程密度是最基本的保障,但同时又可能成为束缚之绳。在钻孔数量相同(总体勘查工程密度相同)的情况下,以不同勘查网型的钻孔资料为基础进行的地质研究和编制的勘查图件必然会有所差异,或差异较大。勘查网型对于地质研究及勘查程度的影响是重要的。

1.1.1 传统勘查网型

传统勘查网型有正方形网、长方形网、菱形网、三角形网、正三角形网和五梅花形网,如图 1.1 所示。传统网型间的关系见表 1.1。

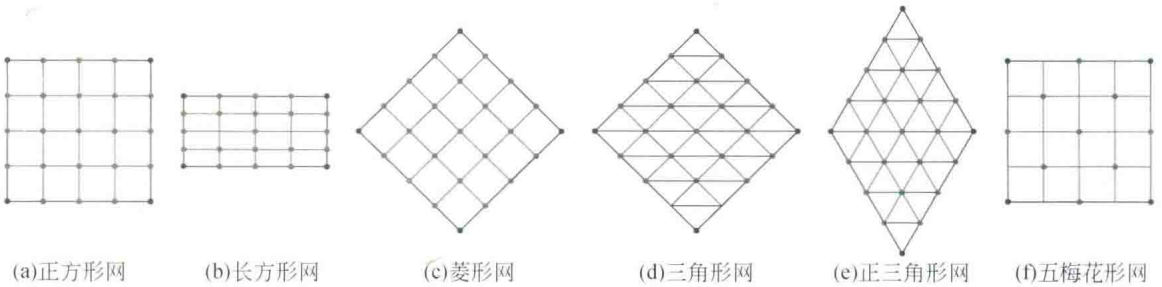


图 1.1 传统勘查网型示意图

表 1.1 传统网型间关系表

网型	网型间关系	适用	钻孔数量	走向倾向控制	整体控制	应用
正方形网	基本网型	倾角小	标准	B-、B-	B-	普遍
长方形网	正方形网的一个方向缩短	倾角大	多于正方形网	B-、A	B	普遍
菱形网	正方形网旋转 45°	倾角小	同正方形网	C、C	C	少

续表

网型	网型间关系	适用	钻孔数量	走向倾向控制	整体控制	应用
三角形网	在菱形网的基础上连接一组方向的对角线	倾角小	同正方形网	C、C+	C+	少
正三角形网	平行于正三角形三边的三方向网络	倾角小	略多于正方形网	C-、A	B	少
五梅花形网	正方形中心有控制点的嵌套正方形网	倾角小	少于正方形网	C-、C-	C-	少

注:A为优,B为良,C为中;“+”为强,“-”为弱

正方形勘查网是在正方形网的节点处布设钻孔的勘查网[图 1.1(a)]。它的优点是,两组剖面的方向分别近于矿层(床)或构造的走向和倾向方向,易于人们感知和认识矿层(床)和构造在不同走向段和倾向段的形态,并在此基础上建立其整体形态;剖面图中的钻孔间距是正方形网中的边长方向,与对角线方向相比相对较小,有利于确定或推断矿层(床)或构造是否连续;有利于根据走向和倾向剖面图编制矿层底板等高线图。它的缺点是,在边长不是很小的情况下,相邻走向钻孔间的倾向条带易隐藏倾向断层,相邻倾向钻孔间的走向条带易隐藏走向断层。它为最常用的勘查网型。

长方形勘查网是在长方形网的节点处布设钻孔的勘查网,它一般是根据矿层(床)的倾斜情况将正方形网沿倾向(或走向)方向的边长适当缩短而成,是正方形网的变形网[图 1.1(b)]。它的特点是,所需钻孔数量增加,短边方向的勘查线间仍然容易隐藏断层。该网型也较常用。

菱形勘查网是在菱形网的节点处布设钻孔的勘查网[图 1.1(c)]。它的优点是,形成了五梅花式的钻孔分布,使两组对角线方向的控制间距均缩小到边长的 0.707 倍,有利于对断层等地质构造的捕捉。它的缺点是,边长方向的两组剖面图可能既不近于走向方向,又不近于倾向方向,而是斜向剖面,与人们从倾向和走向两方向分析研究矿层(床)和构造的习惯不一样,不利于人们感知和认识矿层(床)和构造在走向和倾向方向的形态变化;而走向和倾向方向均近于对角线方向,与边长方向相比,相邻钻孔间距离偏大,不利于确定或推断矿层(床)或构造是否连续。该网型很少使用。

三角形勘查网是将菱形网中一组对角线方向连线后而得的每一个菱形都分割为两个三角形的三角形网,是菱形网的变形网[图 1.1(d)]。它的特点是,边长方向剖面的情况与菱形网相同;不同之处是,与菱形网相比,虽然多编制了一组对角线方向的剖面,便于从三个方向对矿层(床)整体形态进行分析研究,但缺少与该组对角线方向垂直的另一组对角线方向的系列剖面图,当这组缺少的剖面图近于倾向或走向方向时,不便于地质分析与研究。该网型也很少使用。

正三角形勘查网是在正三角形网的节点处布设钻孔的勘查网[图 1.1(e)]。它的特点是,三组方向剖面间的夹角均为 60° ,若选择其中任何一组为倾向剖面或走向剖面的方向,则余下的两组均为斜向剖面,而不能作为与所选倾向或走向剖面配套的走向或倾向剖面;与正方形网相比,钻孔数量相同时控制的勘查面积略小;与三角形网相比,走向和倾向两方向剖面中,一方向钻孔间距小,另一方向钻孔间距大。该网型也很少使用。

五梅花形勘查网是在原正方形网中每个正方形中心处增加一个钻孔,并将新增加钻孔

按正方形连接,然后与原正方形网联合组成的新网[图 1.1(f)]。它的特点是,与在原正方形网基础上田字格式加密而成的正方形网相比,节省了 $(2i-1)(2j-1)-ij-(i-1)(j-1)$ 个钻孔(i 和 j 分别为原正方形网的排数和列数),但剖面上钻孔间距均增大一倍。五梅花网一般用于最后勘查阶段的局部区域。当地质条件简单时直接用五梅花网加密,复杂时先用田字格式加密,然后再用五梅花网加密。

1.1.2 存在问题

传统勘查网型存在一些共性问题,下面以煤田二类二型勘查区勘探阶段 $500\text{m}\times 500\text{m}$ 正方形勘查网为例进行分析。

1. 单一勘查网型不能对煤盆地整体进行较好勘查

以煤盆地作为勘查范围时,单一的传统勘查网型不能对煤盆地整体进行较好的勘查,一般需将正方形网、长方形网、五梅花形网与放射状网(正方形网或长方形网的变形)衔接使用,如图 1.2 所示。

2. 断层捕捉率较低

在传统勘查网型中,钻孔均匀分布,这对于在较大范围内面状赋存的煤层而言,其控制或查明相对容易,而对于条带状延伸的断层而言,其控制或查明则较难。因此,虽然对断层的控制或查明是煤田勘探阶段勘查工作的一项主要内容,但其在实际工作中的随机性较大,尤其是走向和倾向断层,如图 1.3 中 A 矿的 F3、F9、F38、F65、F70、F71、F72、F84 这 8 个较大的走向或倾向断层中,有 6 个断层在 $1000\sim 2000\text{m}$ 的延长范围内没有钻孔控制,得以隐藏,图 1.4 中 B 矿的 F32、F78 两断层也分别在 1000m 和 2000m 的延长范围内得以隐藏,它们的存在均是在三维地震资料的基础上,依据井巷工程的实际揭露得以证实的。

设煤系地层厚度为 1000m ,较难控制的高角度断层的倾角为 75° ,则在垂直断层走向方向上可以控制到断层的距离约为 $267\text{m}(1000\text{m}/\tan 75^\circ)$ 。在 $500\text{m}\times 500\text{m}$ 的正方形勘查网中,相邻走向或倾向钻孔间的倾向或走向条带对倾角 75° 的倾向或走向断层的捕捉率约为 $53.4\%(267\text{m}\div 500\text{m})$;对角线方向上相邻钻孔间的距离从两侧被另一对角线方向上的钻孔间接地平分控制,变为两个 $354\text{m}(707\text{m}\div 2)$,其对倾角 75° 的斜交断层的捕捉率约为 $75.5\%(267\text{m}\div 354\text{m})$ 。在此情况下,相邻两勘探线间中部的长条形条带,断层捕捉率较低、地质研究程度也较低,作者将其称为“弱区”,如图 1.5 所示。由于断层走向变化的波幅较小、波长又较大,只要“弱区”呈直带形分布,断层就可能被隐藏。从图 1.5 中可见,走向和倾向两方向的“弱区”直带明显宽于对角线方向的“弱区”直带,即倾向或走向断层更易隐藏(图 1.6),尤其是高角度断层。

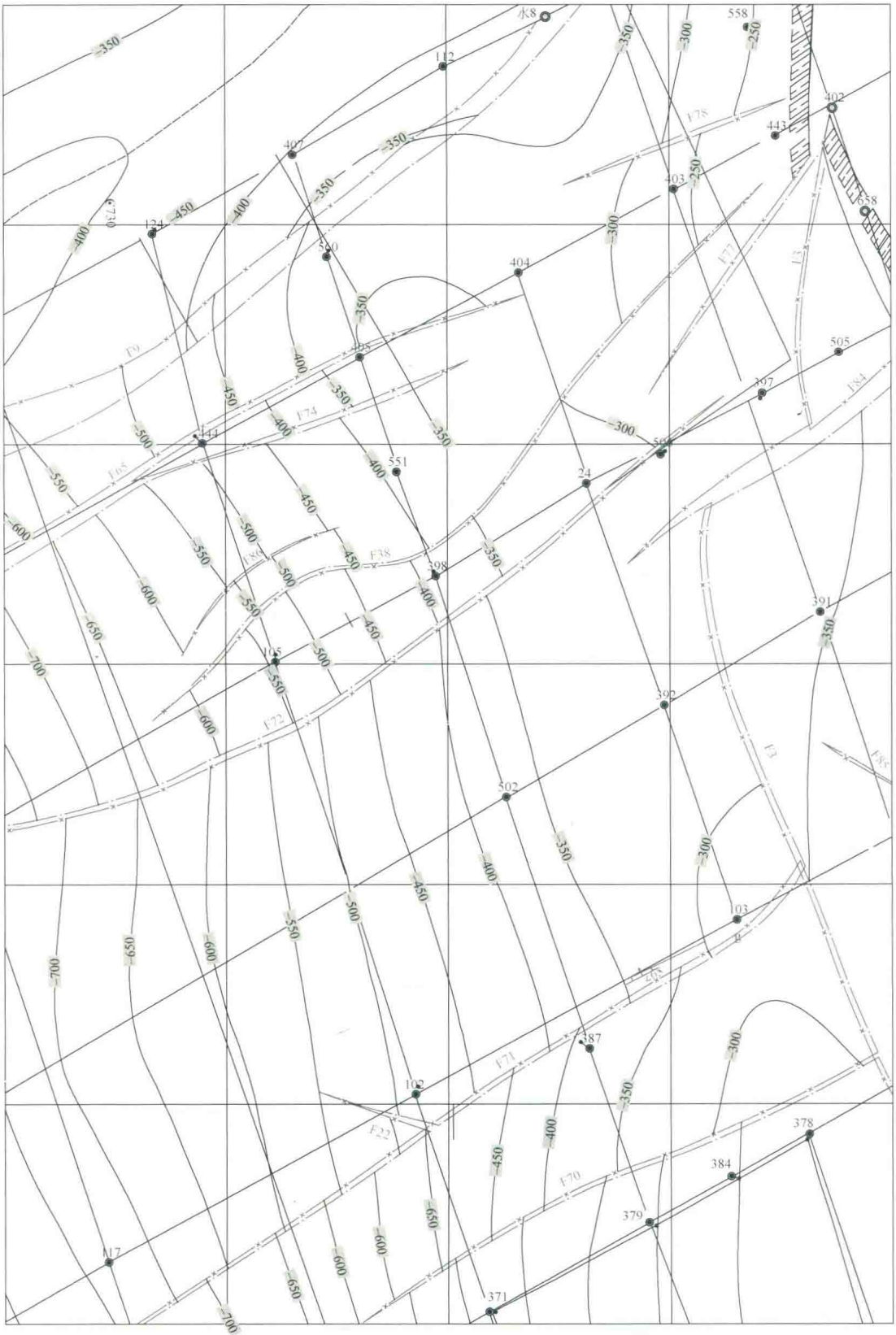


图1.3 走向和倾向断层控制实例图

