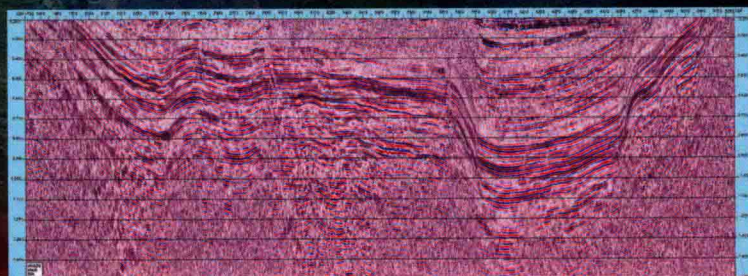




Manual of Coal Mining Geology



王怀洪 主编

矿井地质手册

地球物理卷

 煤炭工业出版社



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

矿井地质手册

地球物理卷

王怀洪 主编

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿井地质手册. 地球物理卷/王怀洪主编. --北京:
煤炭工业出版社, 2017
ISBN 978 - 7 - 5020 - 5593 - 6

I. ①矿… II. ①王… III. ①矿井—矿山地质—手册
②矿井—地球物理勘探—手册 IV. ①TD163 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 300258 号

矿井地质手册 地球物理卷

主 编 王怀洪
责任编辑 田 园 牟金锁 刘永兴 尹燕华
编 辑 杨晓艳
责任校对 尤 爽 刑蕾严
封面设计 于春颖

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010 - 84657898 (总编室)
010 - 64018321 (发行部) 010 - 84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com
网 址 www.cciph.com.cn
印 刷 北京京华虎彩印刷有限公司
经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 36 字数 861 千字
版 次 2017 年 6 月第 1 版 2017 年 6 月第 1 次印刷
社内编号 8456 定价 260.00 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,电话:010 - 84657880

内 容 提 要

本卷共六部分。开篇为矿井地球物理勘探总论,对当前主要矿井地球物理勘探方法及其发展应用加以概述,并简要介绍了综合物探方法的搭配原则和技术要求。第一篇煤田高分辨地震勘探,简述地面地震勘探方法及主要概念,按照数据采集、资料处理及解释分阶段进行叙述,并简要介绍与常规地震勘探相关的折射波法、微动监测、VSP、多波及多分量勘探等方法。第二篇矿井地震勘探,介绍井下普遍采用的槽波、瑞利波、矿井CT、超前探,以及从地面延伸到井下的地震方法等。第三篇电法勘探,介绍地面直流电法、矿井直流电法、大地电磁测深法、可控源音频大地电磁测深法、瞬变电磁法、工作面无线电波透视、矿井地质雷达等勘探方法。第四篇重力、磁法、放射性勘探及遥感地质,介绍重力勘探、磁法勘探、放射性勘探、遥感地质等方法。第五篇地球物理测井,从地球物理测井概述、数据的采集、资料的处理解释与应用,以及测井质量控制等方面介绍了煤矿地球物理测井方法。

本卷可作为煤矿地质与物探生产技术、管理人员、科技工作者的指导书和参考书,也可作为煤炭及相关院校地质、物探专业学习参考书。

《矿井地质手册》编审委员会

主 任 赵苏启

常务副主任 李白英

副 主 任 李增学 魏久传 王怀洪 曾 勇 武 强
孙升林

委 员 (按姓氏笔画为序)

于师建	马国东	王 佟	王秀东	尹尚先
吕大炜	刘海燕	刘鸿福	汤振清	孙四清
李子林	李竞生	杨子荣	余继峰	张子戌
岳建华	周明磊	胡宝林	洪益清	桂和荣
高宗军	郭建斌	韩德品	程久龙	程建远
傅耀军				

主 编 李白英

副 主 编 李增学 魏久传 王怀洪

编 写 (按姓氏笔画为序)

于师建	王 敏	王平丽	王东东	王秀东
王宝贵	尹会永	邓清海	冯建国	曲国娜
吕大炜	任加国	刘同彬	刘海燕	刘盛东

刘鸿福	汤友谊	汤振清	李子林	杨子荣
杨锋杰	余继峰	宋晓夏	张 威	张子戌
陈 桥	范绍明	岳建华	房庆华	赵金贵
胡绍祥	桂和荣	高宗军	郭建斌	程久龙

审 稿 (按姓氏笔画为序)

马国东	王 佟	尹尚先	孙升林	孙四清
李小明	李子林	李竞生	张 威	张心彬
周明磊	单 丽	胡宝林	洪益清	董书宁
韩德品	程建远	傅耀军	曾 勇	

《矿井地质手册》地球物理卷编审组

主 编 王怀洪

副主编 王秀东 于师建 汤振清 程久龙

编 写 张 威 岳建华 刘盛东 杨锋杰 王宝贵

审 稿 孙升林 张 威 韩德品 马国东 周明磊

程建远 张心彬

前言

矿井地质工作是煤矿生产与管理的重要技术基础工作。它运用矿井地质科学理论和各种技术方法、手段对煤层及其相关地质体进行调查研究,经济有效地探明煤炭资源、摸清地质情况、处理地质问题,是安全、合理、绿色开采煤炭资源不可或缺的前提和重要保障。

现代科学技术的进步,地学知识的不断更新,地球物理勘探技术的应用与发展,使得矿井地质工作正以比过去更大更快的步伐在深度和广度两方面向前迈进。水文地质、工程地质、环境地质、灾害地质等,均成为矿井地质工作的重要方面;随着高产高效现代化煤矿综合机械化开采技术的发展,煤矿需要建立针对高产高效矿井机械化、集中化等特点,以地质量化预测为先导,以物探、钻探等综合技术为手段,依托先进的计算机技术实现地质工作动态管理的地质保障系统,矿井地质对煤炭开采工作的指导和保障作用更加凸显。

为了向矿井地质人员提供矿井地质工作的最新理论、方法、技术手段,以及最新的研究成果和经验,引导矿井地质工作者正确有效开展地质调查研究工作,提升研究质量和水平,煤炭工业出版社组织数十位来自煤矿现场、高等院校、科研单位等矿井地质领域的著名专家、学者,历时多年,在对近年来矿井地质领域的研究成果与技术经验进行全面、系统的总结和梳理的基础上,编写了这部《矿井地质手册》。

《矿井地质手册》共三卷,分别是地质·安全·资源卷、水文·工程·环境卷、地球物理卷。

《矿井地质手册》地球物理卷(以下简称“本卷”),共六部分,从矿井地球物理勘探总论出发,按照煤田高分辨地震勘探、矿井地震勘探、矿井电法勘探、地球物理测井、重磁勘探、遥感等方法划分篇章,涉及各方法的术语定义、基本原理、工作方法、处理解释及报告编制等矿井地球物理工作的各个方面,形成了本卷的整体框架体系。本卷对矿井地球物理方法的发展、主要采用仪器的参数,各勘查阶段的规范要求、工作方法及其地质效果进行了叙述。同时对近几年逐渐成熟应用的地球物理新方法进行了介绍,引用了大量的工程实例,全面详细地介绍了与矿井地质相关的各项地球物理勘探内容。在编写过程中,本卷参考了1986年版《矿井地质工作手册》中对煤矿地

球物理工作有指导意义的部分内容,融入吸收了经过实践检验的成熟地球物理科研成果,及时跟踪国家及行业主管部门对煤矿生产管理的步伐,研究了国家(行业)最新的政策、法规和规范、规定,本卷历经多次论证、修改,吸收和采纳了审稿专家的意见和建议,力求使本卷涵盖技术发展应用,贴近生产实践,通俗易懂、方便实用。

本卷的开篇为矿井地球物理勘探总论,简述了当前主要的矿井地球物理勘探方法及其发展和应用,介绍了综合物探方法的搭配原则和技术要求,便于从宏观上了解和应用地球物理方法。第一篇煤田高分辨地震勘探共5章,简述了地面地震勘探方法及主要概念,按照数据采集、资料处理及解释分阶段进行了叙述,并简要介绍了与常规地震勘探相关的折射波法、微动监测、VSP、多波及多分量勘探等一些方法。第二篇矿井地震勘探共4章,包括井下普遍采用的槽波、瑞利波、矿井CT和超前探,以及从地面延伸到井下的地震方法等。第三篇矿井电法勘探共7章,分别介绍了地面直流电法勘探、矿井直流电法勘探、大地电磁测深法勘探、可控源音频大地电磁测深勘探、瞬变电磁法勘探、工作面无线电波透视、矿井地质雷达等方法。第四篇重力、磁法、放射性勘探及遥感地质共4章,介绍了重力勘探、磁法勘探、放射性勘探、遥感地质等方法。第五篇地球物理测井共3章,从地球物理测井概述、测井数据的采集、测井质量控制和测井资料解释与应用等方面介绍了煤矿地球物理测井。

本卷编写主要体现了以下特点:一是力求搭建系统的综合物探知识架构。编写过程中,编审组开展了广泛的调研和深入的讨论,收集了大量的研究成果与勘探报告等第一手资料,查阅了矿井地球物理相关的若干文献资料,研究了政策法规演变和最新技术进展,图、文、表相结合系统详实地展示了矿井地球物理的丰富内容。二是探索构建了矿井地球物理新型立体探测体系。本卷注重传统地球物理技术与新成果的结合,吸收了近年来地球物理领域的新理论、新方法和新技术,从地面、地下、孔中、井下、空中全方位构建立体探测技术体系,反映了矿井地球物理最新技术的研究成果,以探测效果为导向,方法选择与地球物理条件相适应,探索破解多解性的制约。三是注重强化系列工程实践项目示范。本卷从基本概念、理论、方法技术的有效组合等对相关矿井地球物理技术进行了阐述。同时优选了工程案例进行剖析,从条件论证、设计编制到方法选择等方面全要素分析应用,注重实际项目示范,突出解决实际问题的效果。

本卷由王怀洪研究员担任主编,王秀东、于师建、汤振清、程久龙担任副主编。初稿编写由山东省煤田地质局、山东省煤田地质规划勘察研究院、

山东科技大学、中国矿业大学、安徽理工大学、中煤科工集团西安研究院等单位人员完成。具体分工如下：本卷的总论部分由张威教授级高工执笔；地震勘探部分由王秀东研究员主持，他还编写完成煤田高分辨地震勘探篇，刘盛东教授参与编写了井下地震部分；电法部分由于师建教授主持，并且他还编写了直流电法勘探部分；程久龙教授参与编写了重、磁、电磁、放射性勘探等部分，岳建华教授、韩德品研究员等参与了矿井水文物探的编写，杨锋杰教授编写了遥感地质部分；汤振清研究员编写了地球物理测井部分。2014年7月，国家煤矿安全监察局、国家安全生产监督管理总局信息研究院煤炭工业出版社在南昌组织召开《矿井地质手册》终审会，编审组吸收了专家提出的意见和建议，最终稿修订由王怀洪、王秀东、于师建等统稿。

本卷由孙升林研究员主审，绪论和矿井物探部分由程建远研究员审阅，地震勘探部分由马国东研究员审阅，重磁、电法、放射性部分由韩德品研究员审阅，地球物理测井部分由周明磊研究员审阅，遥感地质部分由张心彬研究员审阅。

本卷在编写过程中得到了中国矿业大学、山东科技大学、中煤科工集团西安研究院、山东能源集团等单位领导和同行的大力支持与帮助，煤炭工业出版社多次组织会议，对本卷内容进行修改与提升，在此表示衷心感谢！本卷在编写过程中，还得到中国煤炭地质总局以及山东、安徽、河南、陕西、山西、内蒙古等有关煤矿生产企业和勘查单位的大力支持，并提供了大量的实际生产资料和数据。在编写过程中，山东省煤田地质局的巩固、田思清、陈清静、钟声、张兆民、朱伟，中国矿业大学的孙文洁，山东大学的王瑞睿等，以及山东科技大学等单位的若干研究生协助进行了大量的资料收集、整理工作，付出了艰辛的劳动，在此一并表示感谢！

本卷首次独立成卷，方法手段和新增内容较多，涉及专业相当广泛，限于编者水平，疏漏和错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

本卷编审组

2016年12月

目 录

0 矿井地球物理勘探总论	1
0.1 术语定义	1
0.2 矿井地球物理勘探概述	1
0.2.1 矿井物探	1
0.2.2 矿井物探主要类型及应用	6
0.3 综合物探	10
0.3.1 综合物探	10
0.3.2 综合物探的搭配原则	11
0.3.3 综合物探的设计和技术要求	12
0.3.4 资料的综合分析	13

第一篇 煤田高分辨地震勘探

1 地震勘探概述	17
1.1 术语定义	17
1.2 地震勘探简介	18
1.2.1 地震勘探方法	18
1.2.2 地震勘探中的主要矛盾	18
1.2.3 地震勘探的发展	19
1.2.4 国内地震勘探概况	19
1.2.5 地震勘探的前提及相关的波	20
1.2.6 地震勘探的工作阶段	20
1.3 地震勘探方法分类	21
1.3.1 按激发、接收方式分类	21
1.3.2 按波的类型分类	22
1.4 几何地震学与波动地震学	23
1.4.1 地震波的运动学与几何地震学	23
1.4.2 物理地震学与波动地震学	27
1.4.3 几何地震学与波动地震学的关系	29
1.5 地震波的频谱	29
1.5.1 频谱分析	29
1.5.2 地震波的频谱特征	30
1.5.3 采样定理	30

1.5.4	数字滤波	31
1.6	分辨率与信噪比	31
1.6.1	地震波的分辨率	31
1.6.2	高分辨率地震勘探的特点与现状	38
1.6.3	高分辨率地震勘探能解决的矿井地质问题	39
1.6.4	干扰波及其对勘探效果的影响	39
2	煤田高分辨地震勘探的数据采集	44
2.1	术语定义	44
2.2	试验工作	44
2.2.1	试验工作的基本原则	44
2.2.2	干扰波调查	45
2.2.3	激发方式试验	45
2.2.4	接收方式试验	45
2.2.5	仪器因素	45
2.3	测线布置	46
2.3.1	测线布置的原则	46
2.3.2	勘探阶段与测网	47
2.4	观测系统	48
2.4.1	观测系统分类	48
2.4.2	观测系统选择步骤	49
2.4.3	观测系统参数的选择	49
2.4.4	三维束状观测系统的演变	52
2.4.5	特殊观测系统	54
2.5	地震波的接收	55
2.5.1	接收设备	55
2.5.2	接收参数的选择	57
2.5.3	组合	58
2.5.4	检波器的埋置	59
2.6	地震波的激发	59
2.6.1	震源类型	59
2.6.2	井深、药量	59
2.6.3	激发方向	61
2.7	地震波速度的测定	61
2.7.1	地震测井(积分测井或声测井)	62
2.7.2	微分地层测井(连续速度测井或声测井)	62
2.7.3	微地震测井	62
2.7.4	折射波法(小折射)	62
2.8	野外资料的验收	63
2.8.1	资料整理	63

2.8.2	资料验收	63
2.8.3	原始质量要求	64
2.8.4	原始资料的评价	64
3	煤田高分辨地震勘探数据处理	65
3.1	术语定义	65
3.2	基本要求与主要措施	65
3.3	关键模块	66
3.3.1	空间属性	69
3.3.2	静校正	69
3.3.3	滤波	71
3.3.4	反褶积	71
3.3.5	叠加	72
3.3.6	偏移	77
3.4	基础处理参考流程	82
3.4.1	参考流程	82
3.4.2	几点说明	83
3.4.3	处理成果的评价	83
4	煤田高分辨地震勘探资料解释	84
4.1	术语定义	84
4.2	地震剖面的对比解释	84
4.2.1	地震反射波与地层	84
4.2.2	地震资料与地质体	85
4.2.3	地震波的对比原则及方法	86
4.2.4	叠加剖面上特殊波的标志	87
4.2.5	测线方向与地层倾角	90
4.3	地震资料的构造解释	90
4.3.1	断层的解释	90
4.3.2	褶曲的解释	92
4.3.3	陷落柱的解释	92
4.4	时深转换	96
4.4.1	时深转换速度参数	96
4.4.2	速度分析	97
4.4.3	时深转换	98
4.5	薄层反射与煤层解释	98
4.5.1	薄层反射模型	98
4.5.2	单一煤层的反射	100
4.5.3	薄层反射振幅利用	100
4.5.4	煤层解释	101
4.6	地震资料解释的误区	108

4.7	图件制作	110
4.7.1	t_0 图件的制作	110
4.7.2	构造图件的制作	111
4.7.3	地震地质剖面的制作	111
4.8	目标处理技术	111
4.8.1	相干/方差体技术	111
4.8.2	正演	115
4.8.3	约束反演	119
4.8.4	零炮检距剖面多项式拟合	122
4.8.5	小波变换	123
4.8.6	AVO	126
5	其他方法	127
5.1	术语定义	127
5.2	折射波法	127
5.3	微动监测	128
5.4	VSP 地震观测	128
5.5	多波及多分量地震勘探	129
第二篇 矿井地震勘探		
6	槽波勘探	133
6.1	术语定义	133
6.2	槽波勘探的基本概念	133
6.2.1	基本原理	133
6.2.2	槽波地震勘探仪器	135
6.2.3	槽波地震勘探方法分类	136
6.3	槽波地震勘探工作方法	137
6.3.1	巷道中槽波地震法观测系统	137
6.3.2	施工方法	138
6.4	槽波地震勘探资料的数据处理与解释	139
6.4.1	数据处理	139
6.4.2	资料解释	141
7	瑞利波探测	145
7.1	术语定义	145
7.2	瑞利波探查的基本概念	145
7.2.1	基本原理	145
7.2.2	仪器设备	146
7.3	工作方法	149
7.3.1	现场数据采集	149

7.3.2	数据处理	149
7.4	资料解释及应用	152
7.4.1	地层界面的异常特征	152
7.4.2	洞穴界面的异常特征	152
7.4.3	断层界面的异常特征	154
8	井下地震勘探	155
8.1	术语定义	155
8.2	概述	155
8.2.1	方法原理	155
8.2.2	应用条件及特点	156
8.2.3	探测内容	156
8.3	井下地震数据采集系统	157
8.3.1	地震仪器设备	157
8.3.2	井下震源	157
8.3.3	井下检波器	159
8.4	工作方法	159
8.4.1	测线布置	159
8.4.2	井下探测激发接收系统的特殊性及要求	161
8.4.3	资料处理与解释	162
8.5	探测应用与效果	163
8.5.1	断层构造探测	163
8.5.2	矿井水文地质条件评测	164
8.5.3	煤层厚度探测	165
8.5.4	煤岩体注浆质量评价	167
9	其他地震勘探方法	169
9.1	术语定义	169
9.2	采面震波 CT 技术	169
9.2.1	概述	169
9.2.2	CT 方法原理	169
9.2.3	井下工作方法	171
9.2.4	矿井探测应用	173
9.3	巷道地震反射波超前探测技术	184
9.3.1	反射波时距曲线特征分析	185
9.3.2	反射波提取技术	187
9.3.3	绕射扫描叠加偏移技术	188
9.3.4	应用案例	190
9.3.5	矿井地震超前探测仪器设备简介及极化偏移新方法	194

第三篇 电 法 勘 探

10 直流电法勘探	201
10.1 术语定义	201
10.2 电阻率法基础	201
10.2.1 岩、矿石的电阻率	201
10.2.2 电阻率的测定	203
10.2.3 直流电法勘探的种类	203
10.3 电阻率剖面法	204
10.3.1 基本装置形式	205
10.3.2 电剖面法的应用条件	207
10.3.3 不宜开展电剖面法工作的地区	208
10.3.4 电极距的选择	208
10.3.5 电剖面法的主要成果图	208
10.3.6 各种电剖面法的比较	209
10.4 电阻率测深法	210
10.4.1 基本装置形式	210
10.4.2 电测深法的应用条件	212
10.4.3 不宜开展电测深法工作的情况	212
10.4.4 装置与电极距	213
10.4.5 水平层状地电断面电测深曲线类型	213
10.4.6 电测深资料解释	215
10.5 高密度电阻率法	220
10.5.1 高密度电阻率勘探系统	220
10.5.2 三电位电极系	220
10.5.3 技术要求	221
10.5.4 数据处理方法	221
10.5.5 资料解释	222
10.6 自然电位法	222
10.6.1 基本原理	222
10.6.2 观测方法	222
10.6.3 技术要求	222
10.6.4 成果表达形式	223
10.6.5 资料解释原则	223
10.7 充电法	224
10.7.1 基本原理	224
10.7.2 观测方法	224
10.7.3 技术要求	224

10.7.4	成果表达形式	225
10.7.5	资料解释原则	225
10.8	激发极化法	226
10.8.1	基本原理	226
10.8.2	观测方法	226
10.8.3	激电常用参数	227
10.8.4	技术要求	228
10.8.5	资料解释	228
11	矿井直流电法勘探	229
11.1	术语定义	229
11.2	矿井电阻率法基本原理	229
11.3	矿井电剖面法	232
11.4	矿井直流电测深法	234
11.5	矿井直流电法超前探测技术	242
11.5.1	矿井直流电法超前探测原理	242
11.5.2	三极超前探测的资料解释及其图示方法	244
11.6	矿井直流电透视法	245
11.6.1	矿井直流电透视原理	245
11.6.2	赤道偶极-偶极法	246
11.6.3	煤层偶极-偶极法	247
11.6.4	直流电透视法正演模拟结果分析	248
11.6.5	井下施工方法技术	249
11.6.6	直流电透视法资料解释方法	249
11.7	音频电透视技术	250
11.7.1	低频交流与直流等值原理	250
11.7.2	电穿透法解释方法与图示方法	254
11.8	矿井直流电法勘探中的其他问题	256
11.9	矿井直流电法勘探应用实例	257
11.9.1	矿井突水、导水通道综合探测	257
11.9.2	煤矿采区、工作面含水构造的探测	264
11.9.3	探测陷落柱及其富水性	266
11.9.4	工作面附近煤层底板隔水层、含水层富水性、潜在突水点探测	267
11.9.5	山东某煤矿 3306 工作面顶板水探测	270
11.9.6	综合矿井物探方法探测陷落柱	274
11.9.7	矿井直流电法探测顶板采空区水及其分布规律	277
12	大地电磁测深法勘探	280
12.1	术语定义	280
12.2	基本原理	280
12.2.1	吉洪诺夫-卡尼尔模型与水平层状介质中的平面电磁波	280