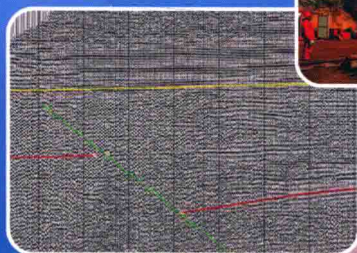
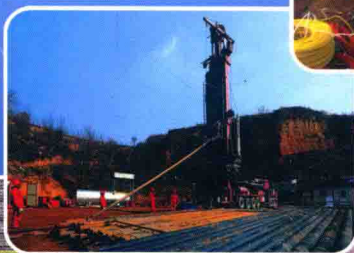
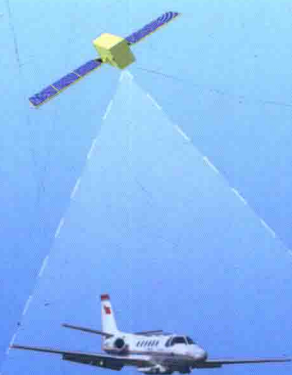




中国地质调查成果

煤炭地质勘查技术跟踪 与勘查模式研究

刘志逊 魏迎春 曹代勇 等 编著



地质出版社



中国地质调查成果

煤炭地质勘查技术跟踪 与勘查模式研究

刘志逊 魏迎春 曹代勇 等 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书系统介绍了煤炭地质遥感、地质填图、煤炭钻探、煤炭地震、煤炭电法、磁法、重力勘探、煤炭测井以及煤炭测试分析技术方法的特点、应用现状、标准要求 and 规范及发展趋势；提出了由 GPS 定位技术、煤炭资源遥感技术、高精度地震勘探技术等 9 大关键技术组成的煤炭勘查技术体系；分析研究了煤矿床综合勘查类型与划分方案，提出了现行《煤、泥炭地质勘查规范》修改建议；总结了南方复杂地质条件下、西部复杂地理条件下、中东部深部煤炭资源综合勘查类型的基本特点，建立了相应的综合勘查模式，为新形势下我国煤炭地质勘查理论和技术体系完善与发展、准确把握煤炭资源勘查工作技术现状和需求奠定工作基础。本书内容丰富、具有很强的资料性和实用性。

本书可供从事煤炭资源调查、勘查及开发的技术人员和工程管理人员参考，也可作为相关高等院校师生的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

煤炭地质勘查技术跟踪与勘查模式研究 / 刘志逊等
编著. —北京：地质出版社，2015. 12
ISBN 978 - 7 - 116 - 09546 - 5

I. ①煤… II. ①刘… III. ①煤田地质 - 地质勘探 -
研究 IV. ①P618. 110. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 292245 号

Meitan Dizhi Kancha Jishu Genzong yu Kancha Moshi Yanjiu

责任编辑：田野

责任校对：李 玫

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083

咨询电话：(010)66554528 (邮购部)；(010)66554631 (编辑室)

网 址：<http://www.gph.com.cn>

传 真：(010)66554686

印 刷：北京地大天成印务有限公司

开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：10.75

字 数：262 千字

版 次：2015 年 12 月北京第 1 版

印 次：2015 年 12 月北京第 1 次印刷

定 价：48.00 元

书 号：ISBN 978 - 7 - 116 - 09546 - 5



(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)

《煤炭地质勘查技术跟踪与勘查模式研究》

编 写 组

主 编：刘志逊 魏迎春 曹代勇

编写人员：王 佟 夏永翊 艾劲松 李小明 李友飞

武玉良 张 强 马国东 王安民 左明星

梁永平 孙雨晴 刘承民 郭爱军 刘付光

王 利 李丰丹 宁树正 宋洪柱 葛 佐

刘玉霞 路玉林 黄笑梅 高 速 马 腾

前 言

煤炭是重要的基础能源和工业原料。从世界范围看，今后相当长时期内，煤炭、石油、天然气等化石能源仍将是能源供应的主体，中国也不例外。当前，我国能源战略发生调整，能源革命正在发生深刻变化，能源结构调整的主攻方向为发展清洁低碳能源。从能源战略角度讲，短期内对煤炭替代还需要较长过程，因此，今后一个时期，煤炭仍将是我国能源安全保障的主体能源。新形势要求我国煤炭工业向煤炭安全绿色开发和清洁高效利用发展，煤炭资源勘查是煤炭工业发展的基础和前提，如何依靠煤炭地质科技创新，提高地质勘查精度与勘查质量，保障优质洁净的煤炭资源供给，可以说，煤炭资源的调查评价与勘查工作的技术方法进步与发展就显得非常重要。

在长期的煤炭地质勘查实践中，广大煤炭地质工作者，针对我国煤田地质条件特点和煤炭工业建设的要求，积极探索，实施了多种煤炭地质勘查技术与方法，提出了若干行业勘查规范、规程与文件，推动着我国煤炭资源勘查理论和技术不断发展，特别是在煤炭“黄金十年”快速发展期，遥感、三维地震、钻探和信息技术的进步很快，这些都需要及时梳理、系统总结、分析技术发展趋势。同时，新形势下我国煤炭资源调查与勘查要符合煤炭安全绿色开发和清洁高效利用背景下的变化及发展趋势、绿色低碳战略、能源科技创新战略等对煤炭勘查的相关要求，煤炭地质勘查技术方法要解决许多面临的技术方法难题，如沙漠、厚层黄土、采空区等复杂地区技术经济合理的综合勘探模式和方法；东部深部煤田地质勘查理论和方法；复杂地区三维地震技术；电、核、声成像测井与三维可视化综合分析技术；煤炭地质数据信息集成共享与社会化服务等技术问题。值得注意的是煤炭地质勘查现行勘查标准老化严重，技术指标落后，不能满足煤炭行业的需要，急需进行修订，任务繁重，尤其是煤炭资源调查评价缺乏规范性要求，没有一个系统的技术标准和要求作为指导，在煤炭资源调查评价项目执行过程中经常无章可循，项目承担单位往往各行其是，容易引起混乱，急需规范统一。这使得我国煤炭地质勘查技术方法在深度和广度两方面仍存在着巨大的拓展空间，既要总结各类技术方法应用现状，又要找出实际勘查工作的技术需求，为编制煤炭资源调查评价技术要求提供技术方法依据。

在上述背景下，以中国地质调查局发展研究中心承担的“全国煤炭资源勘查综合研究”（项目编号 1212011085510）项目 2013 年度专题研究成果和已有勘查资料为基础提炼编写了《煤炭地质勘查技术跟踪与勘查模式研究》一书，也是《煤炭资源调查评价技术要求》的配套参考书，供大家参考。

本书主要内容包括四个方面：一是跟踪研究了煤炭地质遥感技术、地质填图技术、煤炭钻探技术、煤炭地震技术、煤炭电法、磁法、重力勘探技术、煤炭测井技术、煤炭测试分析等技术方法的特点、应用现状、标准要求和规范、发展趋势；二是完善与发展了我国煤炭地质勘查技术体系，分析其技术手段适用性，补充新技术方法；三是研究了煤矿床综合勘查类型，初步提出了煤矿床综合勘查类型划分方案，提出了现行《煤、泥炭地质勘查规范》修改的建议；四是总结了南方复杂地质条件下、西部复杂地理条件下、中东部深部煤炭资源综合勘查类型的基本特点，建立了相应综合勘查模式。

本书由刘志逊、魏迎春、曹代勇主编。各章节的撰写分工如下：前言由刘志逊、魏迎春执笔，第一章由魏迎春、刘志逊、曹代勇、武玉良、夏永翊撰写，第二章由曹代勇、魏迎春、刘志逊、王佟、王安民、李丰丹、李小明、张强撰写，第三章由魏迎春、曹代勇、王佟、刘志逊、梁永平、左明星、李小明、张强、孙雨晴撰写，第四章由刘志逊、艾劲松、魏迎春、王佟、马国东、李小明撰写，第五章由刘志逊、曹代勇、魏迎春、艾劲松、郭爱军、李小明、王佟、马国东撰写，第六章由刘志逊、魏迎春、刘付光、刘承民、曹代勇、梁永平、艾劲松撰写，第七章由魏迎春、曹代勇、刘志逊、梁永平、李小明撰写，第八章由曹代勇、魏迎春、夏永翊、李小明、刘志逊、张强、李友飞撰写，第九章由魏迎春、曹代勇、夏永翊、刘志逊、武玉良、李小明撰写，第十章由魏迎春、曹代勇、夏永翊、刘志逊、李小明、武玉良、李友飞撰写。宁树正、宋洪柱、葛佐等参与部分章节编写工作，最后由刘志逊、魏迎春和曹代勇对本书进行了统稿。

在本书编著中专题研究工作得到了中国地质调查局、中国地质调查局发展研究中心、中国矿业大学（北京）、中国煤炭地质总局、河北煤炭地质局、安徽煤田地质局、宁夏煤田地质局、中煤地质工程总公司等单位领导、专家和同事的指导、支持和帮助。很多专家、同事提出了宝贵的修改建议，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，难免会有错误之处，书中如有不妥之处，敬请读者批评指正。

作者

2015 年 8 月 22 日

目 录

前 言

第一章 绪论	(1)
第一节 研究背景及意义	(1)
第二节 煤炭勘查技术发展概况	(2)
一、国外煤炭资源勘查技术	(2)
二、国内煤炭勘查技术发展简况	(4)
第三节 煤炭勘查类型和勘查模式研究现状	(6)
一、煤矿床勘查类型的研究现状	(6)
二、煤矿床勘查模式的研究现状	(7)
第四节 研究内容和研究方法	(8)
一、研究内容	(8)
二、技术路线与研究方法	(9)
第五节 主要成果和认识	(10)
一、开展了煤炭地质勘查技术手段跟踪研究	(10)
二、开展了煤炭勘查规范与技术标准跟踪研究	(10)
三、完善了煤炭资源勘查技术体系	(11)
四、提出了现行《煤、泥炭地质勘查规范》修改的建议	(11)
五、划分了煤矿床综合勘查类型	(11)
六、建立了煤矿床勘查模式	(11)
第二章 煤炭地质遥感技术与地质填图技术	(13)
第一节 煤炭遥感技术应用现状	(13)
一、遥感技术的特点	(13)
二、遥感技术的应用	(13)
三、遥感地质技术标准要求与规范	(15)
第二节 国内外遥感新技术概述	(16)
一、航天遥感传感器	(16)
二、高光谱遥感技术	(17)
三、遥感数据处理技术	(19)
四、多种类型的遥感器	(19)
第三节 遥感技术在煤炭地质中的应用	(20)
一、煤系裸露地区找煤	(21)
二、浅覆盖区找煤	(21)

三、深埋区找煤	(22)
第四节 煤田遥感技术的发展趋势	(23)
一、与煤炭资源有关的地质体遥感信息形成机理研究	(24)
二、高光谱遥感的应用	(24)
三、遥感数据处理和解译	(25)
四、遥感 (RS) 与 GIS、GPS 的结合	(25)
五、建立完善的技术应用系统	(25)
第五节 地质填图技术	(26)
一、地质填图的目的和任务	(26)
二、煤炭地质勘查的各阶段地质填图的要求	(26)
三、全掩盖区的地质填图	(27)
四、数字地质填图技术	(27)
五、地质填图技术标准要求与规范	(31)
第三章 煤炭钻探技术	(32)
第一节 煤炭钻探技术发展阶段	(32)
第二节 煤炭钻探技术的应用	(32)
第三节 煤炭地质钻探技术标准要求与规范	(33)
第四节 金刚石绳索取心钻进技术	(34)
一、金刚石钻头的种类	(34)
二、绳索取心钻具	(34)
三、金刚石绳索取心钻进优缺点及应用范围	(35)
第五节 受控定向井钻进技术	(35)
一、定向井的应用范围	(35)
二、国外定向钻进技术的发展	(36)
三、我国定向钻进技术的发展	(37)
四、定向工具及仪器的应用现状	(38)
第六节 空气潜孔锤钻进技术	(39)
一、空气潜孔锤的基本特点	(40)
二、冲击器的类型	(40)
三、潜孔锤钻头	(40)
四、空气潜孔锤钻进的特点及应用范围	(40)
五、空气潜孔锤钻进工艺在大同煤田勘探项目的应用	(41)
第七节 气举反循环钻进技术	(42)
一、气举反循环钻进技术概述	(42)
二、气举反循环应用条件及范围	(42)
第八节 液动潜孔锤钻进工艺	(43)
一、液动潜孔锤特点	(43)
二、液动潜孔锤的适用范围	(43)
第九节 煤田钻探技术的发展趋势	(44)

第四章 煤炭地震技术	(45)
第一节 煤炭地震勘探技术应用现状及规范	(45)
一、煤炭地震勘探的发展历程	(45)
二、地震勘探设备的现状	(48)
三、数据采集技术应用现状	(48)
四、资料处理技术应用现状	(49)
五、资料解释技术应用现状	(50)
六、地震勘探的应用条件	(50)
七、煤炭地震勘探技术标准要求与规范	(51)
第二节 煤炭地震勘探新技术概述	(53)
一、高密度地震采集技术	(53)
二、高分辨率地震数据处理技术	(54)
三、三维可视化地震解释技术	(57)
第三节 新技术在煤炭地质勘查中的应用实例	(64)
一、高密度三维地震技术在煤炭地质勘查中的应用实例	(64)
二、复杂山地三维地震勘探	(65)
三、黄土塬三维地震勘探	(66)
第四节 煤田地震勘探技术的发展趋势	(70)
第五章 煤炭电法、磁法、重力勘探技术	(72)
第一节 煤炭电法勘探	(72)
一、电法勘探概述	(72)
二、煤炭直流电法	(72)
三、煤炭交流电法	(75)
四、煤炭电法勘探应用现状	(77)
五、煤炭电法技术标准要求与规范	(79)
第二节 煤炭磁法勘探	(79)
一、资料的收集与处理	(80)
二、磁异常研究	(80)
三、磁性矿产预测	(80)
四、磁法推断地质构造	(81)
五、磁法工作的发展趋势	(81)
六、磁法勘探技术标准要求与规范	(81)
第三节 煤炭重力勘探	(82)
一、资料的收集和处理	(82)
二、图件编制	(83)
三、重力解释	(83)
四、地质解释	(84)
五、重力勘探的现状和发展方向	(84)
六、重力勘探技术标准要求与规范	(84)

第六章 煤田测井技术	(86)
第一节 煤田测井技术发展历程	(86)
一、测井技术发展历程	(86)
二、煤田测井技术标准要求与规范	(90)
第二节 煤田测井技术应用范围	(90)
一、电测井	(90)
二、核测井	(92)
三、声测井	(93)
四、其他测井	(93)
五、测井方法评价系列	(95)
第三节 测井仪器设备	(95)
一、石油系统测井仪器设备	(95)
二、煤炭测井仪器设备	(96)
第四节 煤田测井技术的发展趋势	(98)
第七章 煤炭测试分析技术	(99)
第一节 煤炭测试技术进展	(99)
一、技术发展历程	(99)
二、技术现状	(99)
三、煤炭测试标准、规程、规范	(101)
第二节 煤层取样	(101)
一、取样目的和要求	(102)
二、取样种类和方法	(102)
第三节 煤炭勘查测试分析	(103)
一、预查阶段和普查阶段测试分析	(103)
二、详查、勘探阶段测试分析	(105)
三、煤炭测试分析技术标准要求与规范	(105)
第八章 煤炭资源勘查技术体系完善与发展	(106)
第一节 勘查技术体系的构成	(106)
一、简便高精 GPS 定位技术	(107)
二、高效煤炭资源遥感技术	(108)
三、高精度地震勘探技术	(108)
四、高精度电磁勘探技术	(108)
五、快速高效钻进技术	(109)
六、高精多参测井技术	(109)
七、快速勘查信息化技术	(109)
八、煤炭测试分析技术	(110)
九、深部开采测试技术	(110)
第二节 勘查技术手段的适用性	(110)
一、不同勘查阶段勘查技术手段的适用性	(110)

二、不同地质条件下勘查技术手段的适用性	(112)
第三节 煤炭地质勘查的新技术与新方法	(113)
一、煤炭资源深部地应力测量与预测方法	(113)
二、深部煤炭资源瓦斯含量测定与预测方法	(118)
三、深部煤炭资源水文探查技术方法	(120)
四、深部煤炭资源热害勘查技术方法	(123)
第九章 煤炭资源综合勘查类型划分	(125)
第一节 我国煤炭资源勘查现状	(125)
第二节 煤炭资源勘查类型划分的意义	(126)
第三节 我国划分煤矿床勘查类型的历史沿革	(126)
第四节 我国现行规范的煤炭资源勘查类型及基本线距	(126)
一、构造复杂程度及钻探工程基本线距	(127)
二、煤层稳定程度及基本线距	(127)
三、选择钻探工程基本线距的要求	(128)
第五节 现行煤炭资源勘查类型划分的建议	(129)
一、工程间距的确定	(129)
二、我国勘查类型的发展趋势	(130)
三、对《煤、泥炭地质勘查规范》修改的建议	(130)
第六节 煤矿床综合勘查类型	(131)
第十章 煤炭资源勘查模式研究	(133)
第一节 南方复杂地质条件煤炭资源勘查模式	(133)
一、基本特征	(133)
二、勘查策略	(134)
三、福建大吉煤矿水井坑井田勘查实例	(135)
第二节 西部复杂地理条件煤炭资源勘查模式	(140)
一、基本特征	(140)
二、勘查手段的选择	(140)
三、勘查模式	(141)
第三节 中东部深部煤炭资源勘查模式	(142)
一、基本特征	(142)
二、煤系赋存特点	(142)
三、勘查策略	(143)
四、潘集煤矿外围勘查区勘查实例	(143)
第四节 深部新区勘查模式	(149)
一、煤系赋存基本特征	(149)
二、勘查工程的布置	(150)
参考文献	(152)

第一章 绪 论

第一节 研究背景及意义

煤炭是全球蕴藏量丰富的常规化石能源。在我国，煤炭仍是重要的基础能源和工业原料，主要应用于电力、钢铁、建材、化工四大行业。当前，我国能源战略发生调整，能源革命正在发生深刻变化，能源结构调整的主攻方向为发展清洁低碳能源。2014年《能源发展战略行动计划（2014—2020年）》提出，到2020年，非化石能源占一次能源消费比重达到15%，天然气比重达到10%以上，煤炭消费比重控制在62%以内。从能源战略角度讲，短期内对煤炭替代还需要较长过程，可以肯定判断，今后一个时期，煤炭仍将是我国能源安全保障的主体能源。新形势下我国煤炭工业煤炭安全绿色开发和清洁高效利用为发展必然趋势，煤炭资源勘查是煤炭工业发展的基础和前提，因此，寻找和开发利用优质煤炭资源所采用的调查评价与勘查工作技术方法研究显得非常重要。

中国是世界上煤炭勘查活跃的国家。自2002年以来，煤炭勘查资金投入和矿产资源投入总体上逐年增大，特别是2006年以来，中国在新疆、内蒙古新发现数十个大型、超大型煤矿，新增查明资源储量超过3880亿t；此外，山西、陕西、贵州、河南、宁夏、山东、云南、河北、四川、甘肃、安徽、山东、辽宁、湖南、江西等十余个省份也有许多新发现，新增查明资源储量超过1925亿t。根据《全国煤炭资源潜力评价》成果，截至2009年底，全国五大赋煤区共划分867个矿区（煤产地、远景区），其中，共有大型矿区205个（保有资源量大于5亿t）、中型矿区76个（保有资源量2亿~5亿t）、小型矿区456个（保有资源量小于2亿t），另有130个远景区或煤产地尚未进行煤炭地质勘查工作；2012全年煤炭勘查投入121.9亿元，同比增加3.7%；2013年受国内政策和经济形势的影响，2013年勘查投入仅为85.1亿元，与上年同期相比减少30.2%，煤炭勘查行业进入拐点；2014年煤炭勘查投入仅为59.3亿元，不及2012年的二分之一，目前正处于“低谷调整期”。在煤炭“黄金十年”快速发展期，中国煤炭地质勘查为我国煤炭工业快速、稳定发展做了重大贡献，使得我国煤炭可采储量列美国、俄罗斯之后，居世界第三位，煤炭产量和消费量居世界首位。

在长期的煤炭地质勘查实践中，如何依靠煤炭地质科技创新，提高地质勘查精度，保障地质勘查质量，煤炭地质工作者，一方面，针对我国煤田地质条件特点和煤炭工业建设的要求，积极探索，实施了多种煤炭地质勘查技术与方法，提出了若干行业勘查规范、规程与文件，推动着我国煤炭资源勘查理论和技术不断发展，特别是在煤炭“黄金十年”快速发展期，遥感、三维地震、钻探和信息技术的不断进步，我国煤炭地质勘查技术方法在深度和广度两方面仍存在着巨大的扩展空间，需要及时系统总结。另一方面，国内经济

进入新常态，新形势下我国煤炭资源调查与勘查要符合煤炭安全绿色开发和清洁高效利用背景下的变化及发展趋势、绿色低碳战略及能源科技创新战略等对煤炭勘查的相关要求。煤炭地质勘查技术方法要解决许多面临的技术方法难题，如沙漠、厚层黄土、采空区等复杂地区技术经济合理的综合勘查模式和方法；东部深部煤田地质勘查理论和方法；复杂地区三维地震技术；电、核、声成像测井与三维可视化综合分析技术；煤炭地质数据信息集成共享与社会化服务等技术问题。煤炭地质勘查现行勘查标准老化严重，技术指标落后，不能满足煤炭行业的需要，急需进行修订，任务繁重，尤其是煤炭资源调查评价缺乏规范性要求，没有一个系统的技术标准和要求作为指导，在煤炭资源调查评价项目执行过程中经常无章可循，项目承担单位往往各行其是，容易引起混乱。

在此背景下，本书作者基于近年来专题研究成果和已有勘查资料，查阅了大量参考文献，充分收集了国内外勘查技术新方法，采用勘查技术跟踪与重点调研相结合，煤矿床赋存地质条件与开采地质条件研究相结合，理论研究与典型勘查区实例研究相结合技术方法，研究了煤炭资源综合勘查类型划分、煤炭资源勘查模式，开展了煤炭地质遥感技术、地质填图技术、煤炭钻探技术、煤炭地震技术、煤炭电法、磁法、重力勘探技术、煤炭测井技术、煤炭测试分析等主要煤炭地质勘查技术方法跟踪，重点研究了各类技术方法的特点、应用现状、规范和标准、新技术概述、发展趋势，为新形势下我国煤炭地质勘查理论和技术体系完善与发展奠定工作基础，分析了煤炭资源调查评价工作技术现状和需求，为编制煤炭资源调查评价技术要求提供技术方法依据。

第二节 煤炭勘查技术发展概况

一、国外煤炭资源勘查技术

煤炭是世界能源资源的重要组成部分，在可预见的未来它在满足我们能源需求中起重要作用。地质科学和相关的技术被用于寻找和评估煤炭资源，用于煤炭开采、加工和利用过程的设计和实施。

（一）澳大利亚煤炭资源勘查技术

澳大利亚的煤炭勘查一般先开展低成本的技术（例如文献调查和地质填图），然后再采用高成本勘查方法（例如钻探）。先对整个区域概况进行评估，然后再集中对煤矿床的具体部位进行勘查活动。煤炭勘查程序一般由以下几部分组成：①获得勘查区域的合法产权；②评估已有的能够获得的地质信息，为进一步工作编绘合适的基础图件；③开展地表探测（填图、地球物理等），收集环境资料；④开展地下探测（钻探及相关活动）；⑤收集、测试和分析煤样及岩样；⑥不同工程队伍间的交流；⑦信息编汇，评价煤炭资源和开采条件。

1. 煤炭勘查的背景资料研究

先开展文献调查、航空及卫星图片解释、区域野外填图的大尺度区域评估等，为了对各种地质资料的汇编，在勘查工程的早期需要研究区的底图，把收集到的资料准确定位在

底图上。确定勘探权的区域，获得勘查许可，然后开展重要的地质野外工作。

2. 地表地质研究

(1) 地质填图

在大部分煤田，除全隐伏煤田区域，开展地质填图、剖面测定和航空照片或遥感影像的解释。在土壤或表面沉积盖层比较浅的地方，进行探槽、探井和竖井等山地工程，揭露浅层土壤或表面沉积盖层下部岩层。

(2) 地面地球物理勘探

在澳大利亚，煤炭地质勘查的多源航空物探技术正逐渐用于煤炭地质勘探中，在国内，煤炭地质勘查没有采用该技术，只用于金属矿床中。多种尺度的重力和地磁调查可以用于描绘基底趋势，提供含煤层的全面的构造和分布信息。地磁研究在描绘火成岩体中起到一定作用，例如侵入岩墙、熔岩流。在有利环境下，利用精细地磁研究的方法可以划分地下煤层火区范围。

电阻抗和电磁方法在一些区域的煤田勘查中也有应用，可以追踪特殊的标志层，或者定位煤层露头，描述整体地质构造。

地震反射技术用于煤田勘查工程的多个阶段，从提供区域整体地质构造信息，到指导钻探工程，还可以查明可能影响煤炭开采的特殊地质特征。

3. 钻井程序

煤田勘查程序的钻井包括取心钻井和不取心钻井。取心钻井是获得代表性样本的方法，例如进行厚度和质量分析的煤层样本和地质技术测试的非煤岩样。然而，靠井下地球物理测井支持的不取心钻井可以提供用于构造和地层研究的煤层和其他岩层的厚度和深度信息。尽管可以利用钻孔的常规网格布局，但是钻探程序中钻孔的位置和深度的确定要以野外填图和地球物理调查等地表研究为基础，尤其是在工程早期。

(1) 钻探技术

不取心勘探钻井主要靠旋转方法，刮刀钻头可用于松软地层的浅井，牙轮钻头常用于坚硬地层。空气洗孔可以比水循环更快地将钻屑带到地表，对物质来源深度进行更好的判断。然而，在建筑物多或者地下水可能流入钻孔的区域，一般选择清水洗井。

取心钻井主要采用金刚石钻头和水循环，但有时也会用到碳化钨钻头和空气洗井。对煤层和其他松软和易碎地层，选取三层取心筒，通过对开金属管获取岩心，使其受到最小干扰。

常被用于煤田勘查工程的岩心直径一般在 45 ~ 85mm 之间。150mm 和 200mm 的大直径岩心可以用于中型规模和大规模的取样和测试。锁眼取样可以用于收集地下煤层的大型样本，它是采用一个特殊扩展钻头在相对小直径的孔底部挖成的。

个别孔过多的岩心损失率迫使有关层位的重新钻井。为了满足构造和地球化学分析的需要，采用定向获取岩心的技术。为了收集钻孔壁上的裂缝和其他特征信息，采用井下扫描技术帮助岩性测井和地质工艺评估。

(2) 井中地球物理测井

当钻探结束后，对钻孔进行井中地球物理测井，从这些物理特性中推断出岩石和煤的特性，从而获得井下地质信息。在煤炭地质勘查中广泛应用的测井方法有井径测量、伽马

测井、长源距密度测井、短源距密度测井、补偿密度测井、声波测井、中子测井等。

（二）美国煤炭资源勘查技术

美国的煤炭勘查技术的选择也是依据勘查区的实际情况和勘查阶段的不同而确定的。在区域普查阶段：以地质制图为主，主要采用地质填图、计算机技术等进行地质制图，以确定含煤地层的存在，如果资料表明深部可能有煤系存在也应包括钻探。在详细普查阶段：包括地面观察，如各种找煤标志；地下观察，应用物探方法，如重力、地震、磁法等。对“开发有远景地区”进行槽、井、硐或钻探是必需的。出露或覆盖薄的地区进行详细填图；覆盖厚的地区，沿物探剖面进行钻探。复杂构造地区，剥土、物探、钻探等手段共同使用。勘查技术方法主要有数字地质填图（属性数据库和图像数据库），高分辨率高光谱遥感技术、快速钻探技术、高分辨率的地球物理勘探技术（三维地震、多源航空重磁技术），多参数井中测井技术、高精测试技术（原位地应力、原位瓦斯等）。

根据以上所述，以美国、澳大利亚等国为代表的西方勘探系统显然有其共同特点。总体来看，不外乎反映着地质工作的三个自然程序（或规律）：首先，在区域调查的基础上，确定有否商业可采煤层存在，从而圈定将被勘探地区的范围。各种地面物探及钻探均可使用，当然，其线、网都是很稀疏的。工作重点均放在对煤系、煤层的调查、推测上。进而，在已知有商业可采煤层存在并被圈定为勘探地区内，进行煤层对比、煤厚、煤质、埋藏深度、地质构造的系统了解和研究，采用钻探、物探、测井等勘查技术手段。在勘查技术手段选择上，由于国外煤田地质条件简单，埋藏较浅，勘查技术手段一般先采用遥感技术及数字填图技术，然后，采用二维或三维地震技术、钻探技术和测井技术，在勘查过程中数字化和信息化技术被广泛使用。

二、国内煤炭勘查技术发展简况

近年来，随着科学技术的发展，新技术、新手段在煤炭勘查领域发挥的作用越来越大，甚至对行业的发展起到关键性作用。一方面，使勘探装备水平得到很大提高；另一方面，改进了很多传统的煤炭勘查技术，使各类勘探技术在“高精度、高效率、信息化、快速、简便”等特性方面都有突破性进展。大幅度提高了勘探精度，进一步增强了勘查能力，简便高精 GPS 定位、高效高精煤炭资源遥感、高精度地震勘探、高精度电磁勘探、快速高效钻进、高精多参测井、煤炭勘查信息化、测试等各种勘查技术有效利用和相互配合，取得了显著效果。

（一）简便高精 GPS 定位技术

基于全球定位系统（Global Positioning System - GPS）的现代测量理论和技术改变了传统的测量模式，使地质测量行业发生了革命性变化。GPS 定位技术为煤炭资源勘查测量工作提供了新的技术手段和方法。多台套静态、动态 GPS 全球卫星定位系统被应用在煤炭地质勘查中的控制测量、地形测量和工程测量三个方面，完全满足山地工程、地质填图、钻探工程、物探工程等各项地质工程测量的勘查工作需要，其精度符合国标《全球定位系统（GPS）测量规范》、《全球定位系统实时动态测量（RTK）技术规范》，并可高于《煤炭资源勘探工程测量规程》。GPS 可以在任何地点、任何时间、任何天气下连续作

业，以作业灵活、操作简便、定位精度高、观测时间短、经济效益高、全天候作业等显著特点，已广泛应用在煤炭地质勘查中。

（二）高效高精煤炭资源遥感技术

遥感技术作为煤炭资源调查评价的重要技术手段，以其成本低、视域广、效率高的优点及其多时相性、多层次性与多波段性的特征广泛应用于煤炭资源、水资源调查、煤层气资源评价以及煤矿区环境评价，水害防治和监测等领域。随着遥感传感器种类的增多、遥感图像分辨率的提高以及遥感数据处理和信息提取技术的发展，遥感技术应用的范围进一步扩大，煤炭资源调查遥感探测模式、工作流程和技术方法体系日趋成熟，已经形成了煤炭遥感技术体系。随着航天遥感图像分辨率的显著提高，其高分辨率图像在 1:50000，甚至 1:25000、1:10000 煤田地质填图中的应用，显著提高了地质填图的效率和精度，结合物探、钻探等手段，可以经济、高效地发现煤炭资源。

（三）高精度地震勘探技术

以三维地震勘探技术为核心的高精度地球物理勘查技术的应用，极大地提高了煤炭地质综合勘查的效率。高分辨率三维地震技术在煤矿采区的普遍运用，大幅度提高了勘探精度，由原来的查明落差 10~20m 的断层提高到查明落差 3~5m 的小断层和幅度 5m 的波状起伏。勘探的领域进一步拓宽，开发了山区、水域、沙漠等复杂条件下的地震勘探技术；可探测煤层厚度和结构的变化趋势，圈定采空区、陷落柱、岩浆岩侵入体和煤层冲刷带的分布范围，极大地提升了勘查的能力与效率。

（四）高精度电磁勘探技术

煤炭电法勘探技术发展速度快、推广范围广，在隐伏和半隐伏地区配合地质填图方面普查找煤，寻找水源和解决矿区水文地质问题进行了大量工作，都取得了很好的地质效果。表现在采集装备和技术方面，地质雷达技术、瞬变电磁技术、地电影像技术、可控源大地电磁技术实现了电磁法宽带密集频点勘探需求，使其在解决浅层地质问题方面有了突破，在中、深层精细勘探方面也有了提高。电磁成像技术、二维、三维地层电阻率影像重构技术、窄频脉冲电磁波反射技术、电磁拟地震解译技术的提高，促进了高分辨率、高精度电法勘探技术发展。近年来，高精度磁法勘探在划分大地构造单元、圈定岩体和断裂（如大型侵入岩体的分布及规模、喷出岩的范围、大断裂及破碎带的位置等）、研究基底起伏和固定含煤远景区、预测煤层自燃区边界等方面取得了长足进展。

（五）快速高效钻进技术

随着煤炭地质综合勘查水平的不断提高，钻探装备不断更新，施工工艺大幅度改进。根据我国煤炭地质复杂、含煤区多样性的特点，因地制宜地开发研究了多种钻进工艺，如空气泡沫钻进工艺、潜孔锤反循环钻进工艺、气动潜孔锤钻进工艺、液动冲击回转钻进工艺、受控定向钻进技术等，绳索取心和金刚石钻进工艺基本成熟，为在复杂地质条件下施工提供了适用的技术手段。目前，在煤田勘查施工中，全液压顶驱钻机已逐步替代现有立轴式和转盘式钻机，是煤田勘探设备自动化发展创新成果，钻进参数监测系统的研发和应

用使我国煤田钻探技术步入了世界先进行列。

（六）高精多参测井技术

近年来，测井技术发展迅速。主要表现为地面记录系统向高性能复合型方向发展；声、电、核、磁等各系列的井下仪器全面向成像化方向发展，尤其是核磁成像测井技术，发展特别迅速，测井资料处理解释技术向解决实际问题的个性化方向发展，测井软件技术则向大型综合性方向发展。测井仪器的地面系统将朝着综合化、便携化、网络化方向发展。井下仪器的发展要体现在集成化、阵列化、高分辨率、深探测、高可靠、高时效、低成本的方向发展。

（七）煤炭勘查信息化技术

煤炭勘查信息化技术有效地应用于煤炭地质勘查过程中，从勘探设备和测井仪器的智能化控制、地质勘查方面的数据采集、存储、处理，研究、管理、制图软件开发和三维空间模拟，到地质报告编制等工作环节，基本上都实现了信息化和数字化。信息化技术的应用，使煤炭地质勘查信息数据、地质报告的编制信息化以及信息共享等得以实现，尤其是网络技术的应用，以 GIS 系统为平台，建立全国煤炭地质工作程度数据库，全国煤炭资源信息系统，促使各部门之间初步实现了信息的有效共享，全面提高了煤炭地质综合勘查质量和效率。

第三节 煤炭勘查类型和勘查模式研究现状

一、煤矿床勘查类型的研究现状

中国煤田地质界长期使用“煤田勘探类型”的概念，所谓煤田勘探类型是在煤炭资源勘查过程中，根据对煤矿床的地质研究和以往勘查经验的总结，按照影响煤矿床勘查难易的主要地质因素（地质构造复杂程度和煤层稳定程度）的不同，对煤矿床进行分类（陶长晖等，1988；陶长晖，1989）。勘探类型划分的目的是为了选择勘查（钻探）线距、布置勘查工程，探明和控制不同类别的煤炭资源量。勘探类型集中反映了不同勘查地质条件下煤炭地质勘查方法的特点，同时也反映了不同历史时期对煤炭勘查的技术经济政策和经验的总结。

在 20 世纪 50 年代，我国煤炭资源勘查工作，基本上是学习苏联的勘查经验，初步划分了勘探类型，即“三类九型”，因此，我国煤田勘查类型的划分始于 50 年代初期新中国煤炭地质勘查事业初创阶段。从 60 年代开始，我国开始总结国内煤炭资源勘查的经验，制定相关的煤炭资源勘查规定和规范。现行的《煤、泥炭地质勘查规范》（DZ/T0215—2002）于 2003 年 3 月 1 日正式实施。历次的勘探（查）规范基本上都采用单因素相对分类法，以构造的复杂程度和煤层的稳定程度来确定勘探类型和勘探工程基本线距。上述勘查类型是以地质构造复杂程度和煤层稳定程度这两个主要地质因素为依据，以定性描述和经验类比为基础，以钻探工程为单一勘查手段的条件下划分的，实际上是一种“网度类型”（杨锡禄等，1996）。