

平顶山矿区复杂条件 煤层开采技术

主 编 张建国
副主编 勾攀峰 郭建伟

 煤炭工业出版社

平顶山矿区复杂条件煤层开采技术

主 编 张建国

副主编 勾攀峰 郭建伟

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

平顶山矿区复杂条件煤层开采技术/张建国主编. --北京: 煤炭工业出版社, 2015

ISBN 978 - 7 - 5020 - 4732 - 0

I. ①平… II. ①张… III. ①煤层—煤矿开采—研究—平顶山市
IV. ①TD823.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 290541 号

平顶山矿区复杂条件煤层开采技术

主 编 张建国
责任编辑 周鸿超
责任校对 姜惠萍
封面设计 晓 杰

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 煤炭工业出版社印刷厂
经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 27¹/₂ 字数 651 千字
版 次 2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷
社内编号 7587 定价 80.00 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

本书是中国平煤神马能源化工集团有限责任公司近年在复杂条件煤层开采方面所取得的科技成果的总结分析,全书共分五篇十九章,内容包括平顶山煤田地质构造特征及地应力演化规律、复杂条件煤层安全开采技术、巷道快速掘进与围岩控制技术、水害防治技术、瓦斯防治技术。

本书可作为煤矿现场工程技术人员、煤炭行业管理人员、煤炭科研人员及院校师生的参考书。

编 委 会

主 编 张建国

副 主 编 勾攀峰 郭建伟

编写人员	康国锋	王录合	陈林清	吕有厂	王和平
	李喜员	何宗礼	韩春晓	杨校培	曹其俭
	陈荣柱	杨 睿	赵均锋	张海庆	刘红宾
	陈星明	魏思祥	陈喜恩	刘庆军	李文广
	卢海军	闫昕岭	杨战标	辛亚军	张 波

前 言

平顶山矿区是我国重要的煤炭生产基地，经过半个多世纪的开采，多数矿井开采深度超过 800 m，四矿、五矿、十矿、十二矿开采深度已超过千米，矿井开采条件日趋复杂。由于开采深度增加而带来的高地应力、高瓦斯、高工作面环境温度、高冲击矿压倾向性、高渗透压及强烈的开采应力扰动等地质力学环境为矿井的安全高效开采带来了巨大的挑战。

针对平顶山矿区特有的地质条件及开采条件，中国平煤神马能源化工集团有限责任公司与有关科研单位、高等院校合作进行了大量科技攻关，解决了矿区安全高效开采过程中的大量技术难题，取得了一系列丰硕成果，保证了矿区的健康发展。为方便平顶山矿区广大技术人员了解煤矿开采领域科技发展现状，扩大科技成果的应用范围，中国平煤神马能源化工集团有限责任公司研究院与河南理工大学合作，围绕平顶山矿区一矿、二矿、四矿、五矿、七矿、八矿、十矿、十一矿、十二矿、十三矿、首山一矿不同煤层赋存条件下的煤炭安全高效开采工艺、围岩控制及矿井水害防治技术、矿井瓦斯治理技术等，对已有的科研成果进行了分类整理汇编，为矿区类似条件下安全高效开采提供理论指导与技术支持。

本书分为五篇，第一篇主要介绍了平顶山煤田地质构造特征及地应力演化规律，第二篇主要介绍了复杂条件煤层安全开采技术，第三篇主要介绍了巷道快速掘进与围岩控制技术，第四篇主要介绍了平顶山矿区水害防治技术，第五篇主要介绍了平顶山矿区瓦斯防治技术。各篇既独立，又相互衔接；既是对已取得成果的归纳总结，又分析了不同条件下相关技术的发展趋势。

本书在撰写过程中，借鉴了大量的科技成果及参考文献，借此机会向这些成果的完成者及作者表示衷心感谢。

由于作者水平有限，本书可能存在错误之处，敬请各位读者批评指正！

编 者

2015 年 3 月

目 次

第一篇 矿区地质构造特征

第一章 矿区地质构造特征	3
第一节 矿区地质构造特征及应力场演化	4
第二节 矿区主采煤层赋存特征	10
第三节 主要生产矿井概况	12

第二篇 复杂条件煤层安全开采技术

第二章 综合机械化安全高效开采	21
第一节 采掘机械化装备上水平	21
第二节 综采工作面采煤机远程监控关键技术	31
第三节 综采工作面自动化控制系统	41
第四节 自动化综采工作面开采技术	47
第三章 近距离煤层群开采	53
第一节 近距离煤层群联合布置	53
第二节 深部近距离煤层群安全开采技术	58
第四章 充填采煤法	69
第一节 充填采煤法的分类及充填工艺	69
第二节 建筑群下综合机械化矸石密实充填采煤与沉陷控制	74
第五章 薄煤层机械化开采	84
第一节 概述	84
第二节 薄煤层大采长综采工作面设备优选配套技术	86
第三节 极薄煤层保护层综合开采技术	88

第三篇 巷道快速掘进与围岩控制技术

第六章 综合机械化煤巷快速掘进	97
第一节 概述	97

第二节 上行开采煤巷快速掘进技术·····	101
第七章 岩巷快速掘进·····	110
第一节 岩巷综合机械化快速掘进技术·····	110
第二节 高效聚能爆破岩巷快速掘进技术·····	113
第八章 回采巷道锚杆(索)支护·····	125
第一节 概述·····	125
第二节 回采巷道围岩稳定机理·····	127
第三节 深井回采巷道锚杆支护效果评判分析·····	138
第四节 深井松软顶板回采巷道围岩控制技术·····	145
第五节 垂深 800 m 回采巷道支护技术·····	154
第六节 深井回采巷道超高强锚网耦合支护技术·····	168
第九章 沿空留巷围岩控制技术·····	171
第一节 沿空留巷围岩稳定原理·····	171
第二节 薄煤层沿空留巷围岩控制技术·····	174
第三节 中厚煤层沿空留巷围岩控制技术·····	178
第十章 深井高应力软岩巷道围岩控制·····	190
第一节 深部巷道围岩破裂演化规律·····	190
第二节 深部巷道稳定性控制技术·····	196
第三节 深井软岩巷道支护技术·····	202
第四节 软岩巷道支护技术·····	210
第五节 深部巷道锚注支护技术·····	223
第六节 巷道围岩“支护固”整体控制技术·····	227
第十一章 深井硬岩巷道围岩控制·····	236
第一节 概述·····	236
第二节 高应力区域硬岩巷道围岩控制技术·····	244

第四篇 矿井水害防治

第十二章 矿区水害防治技术体系·····	251
第一节 构建现代化的防治水技术体系·····	251
第二节 矿井主采煤层底板突水评价·····	259
第十三章 水体下采煤水害防治技术·····	263
第一节 水体下采煤特征·····	263

第二节	汝河下矿井水害防治实践·····	269
第三节	汝河下已 ₁₅₋₁₇ 煤层开采上限的研究·····	277
第十四章	承压水上开采水害防治技术·····	286
第一节	概述·····	286
第二节	五矿三水平开采水害防治技术·····	289
第三节	强径流区水害防治技术·····	294
第四节	七矿水害防治技术·····	301
第五节	深部岩溶水疏放及综合利用·····	310
第十五章	井下老空水防治技术·····	318
第一节	老空水充水特点及防治技术·····	318
第二节	明斜井过老巷老空水防治技术·····	320
第三节	高水压老空水防治技术·····	329
第四节	残采矿井老空水防治技术·····	334
第五篇 矿井瓦斯灾害防治		
第十六章	保护层开采瓦斯治理技术·····	343
第一节	概述·····	343
第二节	远距离下保护层开采覆岩破断移动及卸压瓦斯运移规律·····	348
第三节	近距离保护层开采技术与研究应用·····	363
第四节	保护层开采顶底板穿层钻孔瓦斯抽采技术·····	367
第十七章	煤层卸压增透瓦斯治理技术·····	370
第一节	概述·····	370
第二节	水力射流割缝钻孔抽采瓦斯技术·····	373
第十八章	石门揭煤瓦斯防治技术·····	381
第一节	概述·····	381
第二节	高压脉冲水射流快速石门揭煤技术·····	385
第十九章	煤岩瓦斯复合动力灾害防治技术·····	391
第一节	概述·····	391
第二节	复合灾害工作面安全回采技术·····	394
第三节	矿井动力灾害统一预测方法与防治技术·····	404
第四节	水力压裂防治煤岩瓦斯动力灾害技术·····	417
参考文献	·····	427

第一篇 矿区地质构造特征

第一章 矿区地质构造特征

中国平煤神马能源化工集团有限责任公司是经河南省委、省政府批准，由平煤集团和神马集团重组整合，于2008年12月3日成立的特大型能源化工集团，是一家煤、盐、电、焦、化、建六位一体，多元发展的跨区域、跨行业、跨所有制、跨国经营的新型能源化工集团，拥有平煤股份和神马实业两家上市公司。平煤集团和神马集团都是中国500强企业，平煤集团是新中国自行勘探、设计、开发和建设的第一个特大型煤炭基地，是我国品种最全的炼焦煤和动力煤生产基地。神马集团是我国排名第一、世界前三的尼龙化工生产基地，在化工领域有着先进的技术、丰富的管理经验和国际化的市场。

中国平煤神马能源化工集团有限责任公司所属煤矿分布在平顶山煤田、汝州煤田和禹州煤田内，矿区地跨平顶山市、许昌市的9个县（市、区）。矿区南起平顶山煤田的庚组煤露头，北至汝州煤田的夏店断层并与登封煤田相邻，东北部与新密煤田相接，东邻许昌市，东南起于洛岗断层，西至双庙勘查区、汝西预查区西部边界，西北与宜洛煤田为界。矿区连绵百里，东西长138 km，南北宽82 km，面积约10000 km²，初步查明含煤面积2951 km²。行政区划上，汝州煤田、平顶山煤田同属平顶山市，禹州煤田属与之毗邻的许昌市，地理位置接近，经济发展联系紧密。矿区范围如图1-1所示。

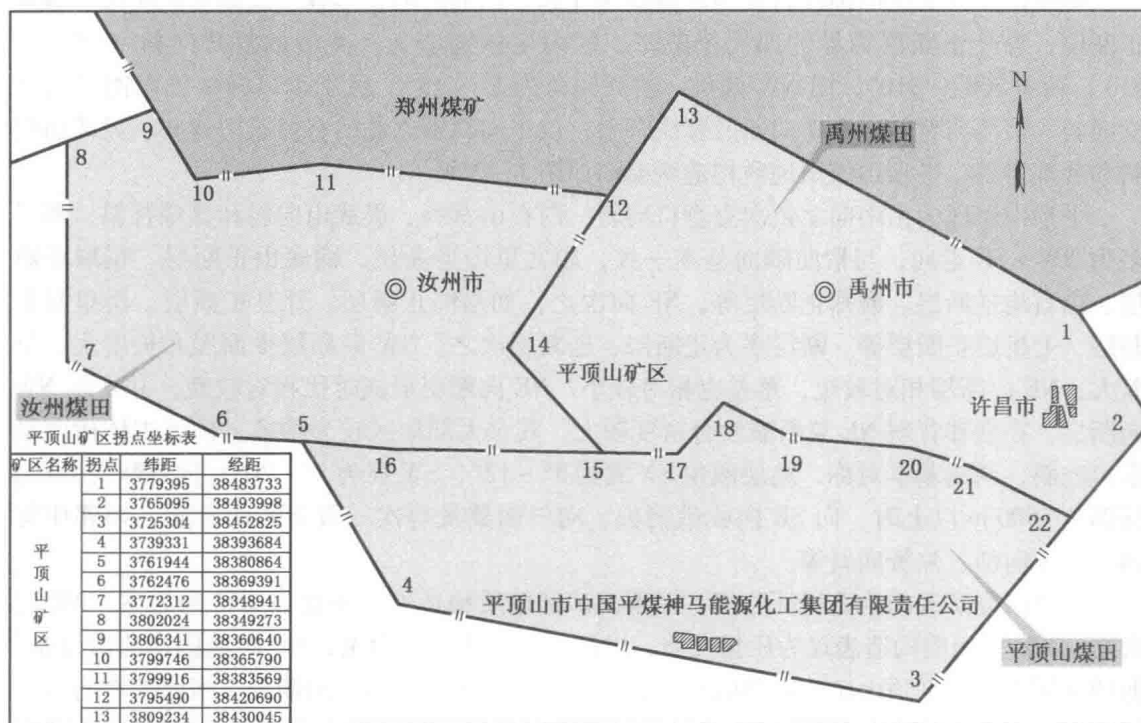


图1-1 平顶山矿区范围分布图

矿区内交通便利,路网密布,公路建设实现了村村通。横贯矿区南北的主要交通干线有京珠高速公路、京广铁路、平禹铁路、郑南公路、南洛高速公路、焦枝铁路等,连接矿区东西的主要交通干线有孟宝铁路、许平南高速公路、许洛公路等。

集团目前共有 24 个原煤生产单位,35 对生产矿井。生产矿井中带压开采矿井有 25 对,分别为二矿、三矿、四矿、五矿、七矿、八矿、九矿、十矿、十一矿、十二矿、十三矿、香山矿、吴寨矿、首山一矿、朝川矿一井、朝川矿三井、瑞平公司张村矿、瑞平公司底山矿、梨园矿宁庄井、梨园矿长虹公司及平禹煤电公司一矿、二矿、四矿、白庙矿和方山新井。生产矿井中有突出矿井 16 对,分别为一矿、二矿、四矿、五矿、六矿、八矿、九矿、十矿、十一矿、十二矿、十三矿、首山一矿、梨园矿长虹公司及平禹煤电公司四矿、白庙矿和方山新井。

第一节 矿区地质构造特征及应力场演化

平顶山煤田位于秦岭纬向构造带东延部分与淮阳山字形西翼反射弧顶部的复合部位。燕山运动中,本区处于 NE、SW 向挤压的构造背景,形成了以李口向斜为主体的复式褶皱,并在褶皱两翼形成一系列 NW 向断裂构造。老地层出露于湛河之南,煤系地层分布于湛河之北,除二叠系上统平顶山砂岩、三叠系刘家沟砂岩在低山丘陵出露外,几乎全部为第四系所覆盖,露头稀少。

一、矿区构造控制特征

平顶山矿区突出的地质特征是区内断块隆起,四周凹陷,形成了以郟县正断层、襄郟正断层、鲁叶正断层为界的四周拗陷带。区内主体构造为一宽缓的复式向斜(李口向斜),轴向 $300^{\circ} \sim 310^{\circ}$,向 NW 倾伏,两翼倾角为 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。位于李口向斜轴以南的有郝堂向斜、诸葛庙背斜、十矿向斜及郭庄背斜,位于向斜轴以北的有白石山背斜、灵武山向斜和襄郟背斜。平顶山煤田地质构造纲要图如图 1-2 所示。

平顶山矿区内由南向北依次有李口向斜、白石山背斜、灵武山向斜和襄郟背斜,断层多为 NW-SE 走向,与褶皱轴向基本一致,如九里山逆断层、锅底山正断层、霍堰正断层、白石沟逆断层、襄郟正断层等;NE 向次之,如洛岗正断层、郟县正断层、沟里封正断层、七里店正断层等。断层多为正断层,逆断层次之。NW 向断层平面展布长度大,落差大;NE 向断层相对较短,落差也相对较小。NE 向断层形成时代相对较晚,并切割 NW 向断层。在襄郟背斜 NE 翼断裂发育密度较大,其余大部地区较为稀疏。矿区主体褶皱是李口向斜,两翼基本对称,地层倾角 EN 翼为 $5^{\circ} \sim 12^{\circ}$,SW 翼为 $8^{\circ} \sim 20^{\circ}$;向 NW 向倾状,深部达 1500 m 以上时,向 SE 向收敛消失。向斜南翼发育次一级 NW 向背斜,如郭庄背斜、牛庄向斜、焦赞向斜等。

通过研究矿区的构造特征分析,平顶山矿区地质构造形迹主要以 NW 向为主,NE 向次之。NW 向地质构造表现为压扭性质,以挤压、剪切作用为主;NE 向地质构造以拉张、剪切作用为主。平顶山矿区东部的八矿、十矿、十二矿位于 NW 向断裂、褶皱控制的构造复杂区,NW 向小构造比 NE 向小构造附近的构造煤层发育,构造附近发生煤与瓦斯突出的次数比较多。



图 1-2 平顶山煤田地质构造纲要图

按照地层顺序，平顶山矿区由上至下发育丁、戊、己、庚 4 组主要可采煤，丁组煤受挤压、剪切的破坏程度大于戊组煤，戊组煤受挤压、剪切的破坏程度大于己组煤，己组煤受挤压、剪切的破坏程度大于庚组煤。

以鲁叶断裂为界，南部出露震旦系以前的老地层，北部出露石炭系和二叠系煤系地层及新生界地层。该断裂为华北板块向南的俯冲断裂，后期反转为正断层。该断裂南侧的地层大规模逆冲推覆，震旦系以上的石炭系和二叠系煤系地层遭受强烈地风化剥蚀。断裂以北的地层同样受来自南西侧的推挤力作用，发生大规模褶皱断裂活动，形成了李口向斜、襄郑背斜、景家洼向斜、鲁叶背斜等褶皱，同时形成了一系列压扭作用为主的 NWW 向 NW 展布的逆冲断层，如九里山断裂、锅底山断裂、白石沟断裂、襄郑断裂（后期反转为正断层）。锅底山断裂是一个由 SW 向 NE 逆冲的断裂；襄郑断裂是一个由 NE 向 SW 逆冲的断裂，位于景家洼向斜的 SW 翼；景家洼向斜是一个紧闭的褶皱；白石沟断裂与霍堰断裂是同一条断裂，由于位于李口向斜的 NE 翼，向斜在弯曲过程中形成了由 NE 向 SW 逆冲的断裂。NWW 向的断裂表现为右行压扭性活动，正是由于锅底山断裂的右行压扭性活动形成了三矿 G₂ 孔断裂（图 1-3）。

燕山运动早期，平顶山矿区受太平洋库拉板块向 NWW 向俯冲作用，在原来 NWW - NW 向构造基础上又叠加了 NNE - NE 向构造，如在矿区东西两侧 NNE - NE 向展布的郑县断裂和洛岗断裂表现为左行压扭性活动。矿区内的 NWW - NW 向构造在一些部位与 NNE 向构造复合，如位于李口向斜东南收敛端的八矿既受 NWW 向构造的控制，又受 NNE 向构造的控制，且两者发生复合作用。八矿既发育 NNE - NE 向展布的前聂背斜，又发育 NWW - NW 向的焦赞向斜，同时发育 NW 向与 NE 向联合作用控制的任庄

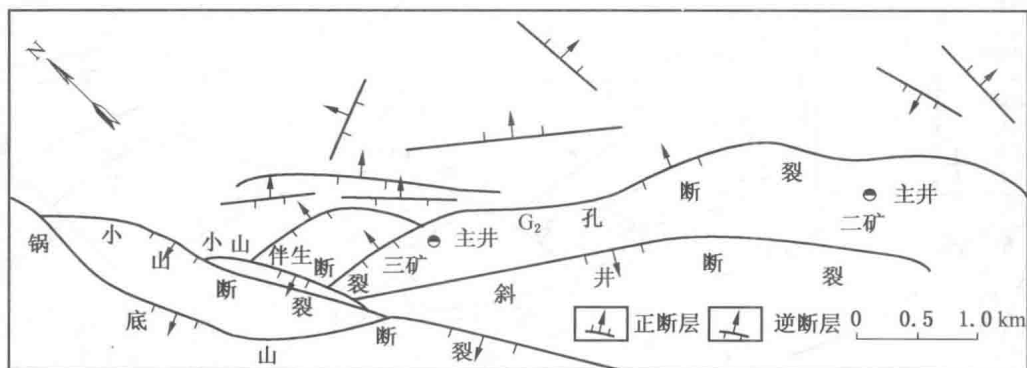


图 1-3 二矿、三矿构造纲要图

向斜 (图 1-4)。

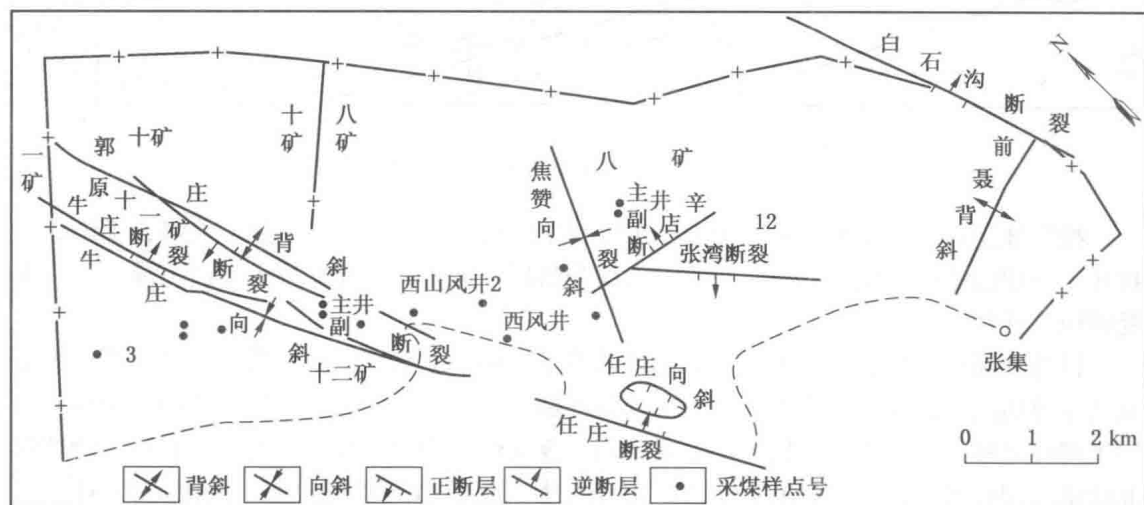


图 1-4 八矿、十矿、十二矿构造纲要图

在古近系和新近系，平顶山矿区表现为隆升伸展构造，形成一个四周拗陷、中间拱托的宽条带状隆起的块体，SW 侧是鲁叶断裂，NE 侧是襄郃断裂，NW 侧是郃县断裂，SE 侧是洛岗断裂。鲁叶断裂、锅底山断裂、襄郃断裂表现为左行拉张活动，原来的逆冲断裂反转为上盘下滑的正断层。锅底山断裂旁侧的煤层受到左行扭动的牵引，其 NE、SW 盘的煤层弧形弯曲分别凸向 NW、SE (图 1-5)。

燕山运动末期至喜马拉雅早期，太平洋板块转向为 NWW 向，对华北板块产生俯冲作用，NE 向、NNE 向断裂表现为右行张扭性活动，此时的郃县断裂和洛岗断裂为右行张扭。随着矿区地块的隆升，郃县断裂和洛岗断裂反转为正断层；由于洛岗断裂上盘大规模的下滑，使得与白石沟断裂同是一条逆断层的霍堰断裂上盘下滑反转为正断层。

二、构造应力场演化与瓦斯赋存规律

煤与瓦斯突出主要发生在高瓦斯煤层受强构造挤压、剪切作用的构造发育区。平顶山矿区位于秦岭造山带后陆逆冲断裂褶皱带,受秦岭造山带的控制;由于矿区位于华北板块南缘,同时又受华北板块构造运动的控制。平顶山矿区在晚海西期、早印支期扬子地块与华北地块碰撞拼接之前属于华北型的沉积,沉积了一套完整的二叠系煤系,厚度 800 m 左右;煤系发育齐全,厚度大,煤层数多达 60 余层,煤层最厚总厚度达 30 余米,其中可采煤十余层,可采煤厚度 15 ~ 18 m,煤种主要为气煤、肥煤、焦煤、瘦煤。煤岩组中镜质组含量为 46.15% ~ 79.6%,平均为 60%;半镜质组含量为 3.94% ~ 10.6%;壳质组含量为 0.36% ~ 16.45%。由等温吸附实验可知煤层的吸附瓦斯能力多在 30 ~ 40 m³/t,最高可达 63.21 m³/t;在目前的开采深度内,测定的煤层瓦斯含量多在 10 m³/t 以上,因此平顶山矿区属于高瓦斯、有煤与瓦斯突出危险的矿区。

印支期以来,平顶山矿区受秦岭造山带隆起推挤的作用,尤其是侏罗系晚期到新生界初期,秦岭造山带发生了主造山期后的陆内造山的逆冲推覆和花岗岩浆活动,位于后陆区的秦岭造山带北缘边界断裂豫西浍池—义马—宜阳—鲁山—平顶山—舞阳区段发生了由南向北指向造山带外侧的逆冲推覆构造。来自 SW 侧的推挤力使平顶山矿区发生了逆冲推覆断裂褶皱作用,形成了九里山断裂、锅底山断裂、李口向斜、白石沟断裂、襄郑断裂等一系列 NWW - NW 向构造(图 1-6)。由于锅底山断裂的右旋压扭性活动在该断裂的 NE 翼形成了 NWW 向展布的 G₂、E₂、三矿斜井 3 条压性分支断裂。同时,在矿区的中部十矿、十二矿井田形成了 NWW - NW 向展布的牛庄向斜、郭庄背斜、十矿向斜、牛庄逆断层等一系列压扭性构造,这些构造均是由于受区域构造应力场由 SW 向 NE 推挤作用的结果。郭庄背斜和牛庄向斜翼部揭露的小断层多为断层面面向 SW 倾斜、向 NE 逆冲的逆断层(图 1-7),反映了构造作用力来自于 SW 向 NE 的推挤力。李口向斜枢纽朝 N51°W 倾伏(6° ~ 12°),SE 端收敛仰起,NE 翼倾角为 8° ~ 24°,SW 翼倾角为 10° ~ 25°,也反映了推挤力来自 SW 向 NE 方向。位于李口向斜轴南东端收敛仰起部位的八矿井田,西侧与十矿、十二矿井田相邻,东侧受 NE 向的洛岗断裂控制(洛岗断裂此时期表现为 NE 向的左旋压扭活动),由于该断层的影响作用,在井田内形成了轴向 NE 向展布的前聂背斜,以及与 NW 向构造联合作用形成了盆形构造的任庄向斜,与 NW 向构造复合作用形成了焦赞向斜。

中生界以来,平顶山矿区受秦岭造山带隆起推挤作用,构造应力场以 SW 向 NE 挤压作用为主,形成了以 NWW 向展布为主的构造,同时也形成了 NNE 向的复合构造,挤压

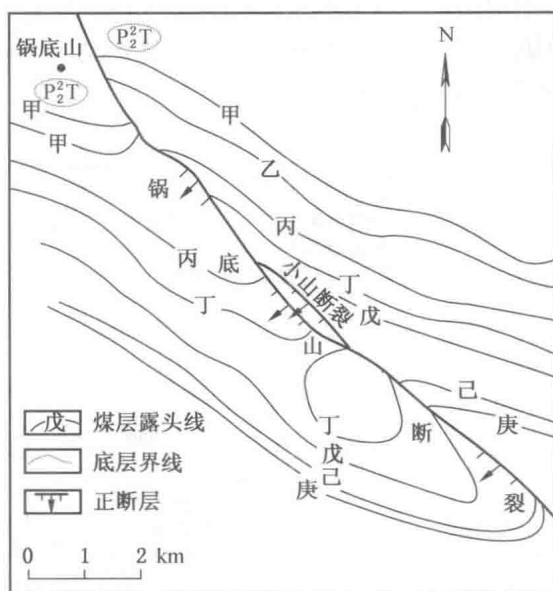


图 1-5 平顶山矿区锅底山断裂
旁侧煤层牵引形态平面图

着平顶山矿区复杂构造区和构造煤层的发育区。大规模的挤压、剪切活动使得煤层结构严重破坏，构造煤层特别发育（厚度可达 1.5 m 以上），是造成平顶山矿区发生严重煤与瓦斯突出的主要原因之一。

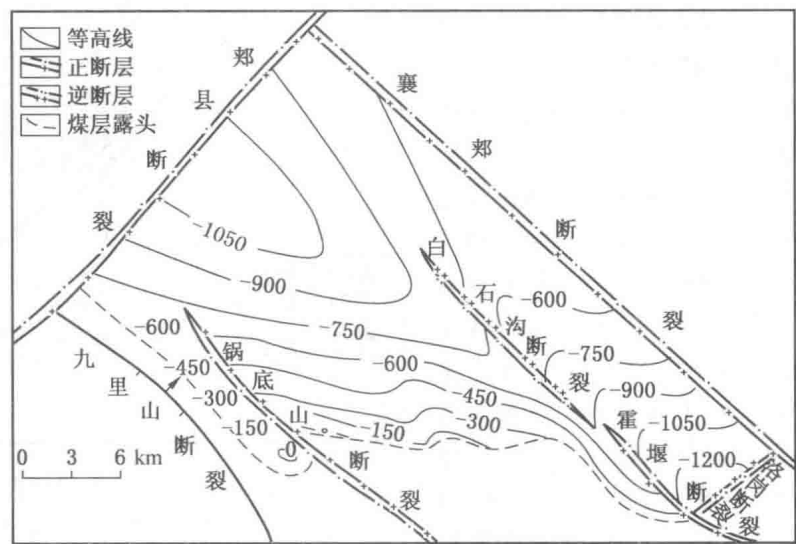


图 1-6 平顶山矿区戊₉₋₁₀煤层底板等高线简图

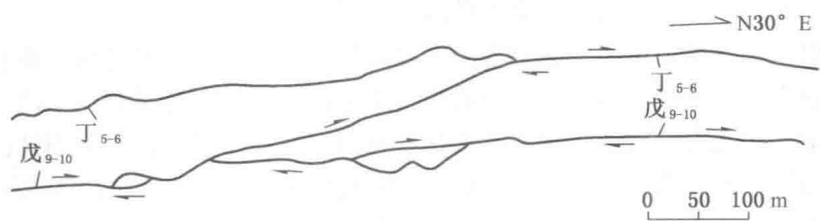


图 1-7 十矿五区（郭庄背斜南西翼）层滑断层实例剖面

另外，平顶山矿区也受控于太行山－武陵山 NNE 向的重力梯级带横跨秦岭造山带对该区 NNE、NE 向构造的控制，先期表现为左旋挤压活动，后期表现为右旋张扭性活动。在平顶山矿区的表现主要有 NNE－NE 向为主展布的郑县断裂、洛岗断裂等一系列构造。郑县断裂横跨平顶山矿区西部南北，十一矿戊₉₋₁₀煤层在标高 -450 m 处的工作面绝对瓦斯涌出量在 3.5 m³/min 左右，主要与郑县断裂裂陷活动释放瓦斯有关。平顶山市西区的韩梁矿区全为低瓦斯矿井，主要受 NNE－NE 向构造裂陷活动影响。

NWW－NW 向构造较长时期受近南北向的挤压，表现为大规模的逆冲推覆活动。NNE、NE 向构造在燕山运动早中期表现为压扭性活动。相比之下，NWW－NW 向构造作用时间长，活动剧烈，遍及整个矿区。

三、平顶山矿区地应力场与构造运动的关系

在地质史上，平顶山地区主要经历了 3 次大的构造运动，依次为三叠系晚期的印支运
此为试读，需要完整PDF请访问：www.8etongbook.com