



厚煤层

综放开采沉陷控制 与治理技术

HOUMEICENG

ZONGFANGKAICAICHENXIAN

KONGZHI

YUZHILIJISHU

黄福昌 倪兴华 张怀新 等 编著

煤炭工业出版社

厚煤层综放开采沉陷控制 与 治 理 技 术

黄福昌 倪兴华 张怀新 等 编著

煤 炭 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

编 著 人 员 名 单

(以姓氏笔画为序)

马庆福	孔凡铭	王 磊	王永军	王同福	王国柱	王宗胜
王英德	王富奇	王道广	邓小林	冯恩杰	冯增强	左金钟
任培顺	刘 欣	刘瑞新	孙新民	许 义	许世超	张广文
张广学	张怀新	张连贵	张宗社	张禄秀	时成中	李香臣
杨文钦	杨建华	邵明喜	陈聚武	周广汇	周玉华	孟祥军
官云章	苗素军	郑 辉	胡东祥	赵连涛	骆念海	倪兴华
唐子波	徐建国	郭恒庆	高 洁	曹思文	黄在文	黄福昌
蒋 平	楼向东					

前 言

开采所引起的覆岩破坏和地表沉陷是煤矿的主要环境问题之一。采煤沉陷引发严重的环境地质灾害和安全生产隐患，普遍存在于各大矿区，各类建（构）筑物、铁路和水体下厚煤层开采（简称“三下”厚煤层开采）问题成为影响各大矿区经济发展和社会安定的重要因素和关键技术问题。

我国从 20 世纪 50 年代后期就开始了大规模的开采沉陷研究，到 90 年代，我国在薄煤层、中厚煤层和厚煤层分层开采条件下的开采沉陷规律、沉陷预测和控制技术、“三下”采煤技术等方面都取得了举世瞩目的成就。从 80 年代中后期开始，我国开始试验综采放顶煤开采厚及特厚煤层技术，到 90 年代中后期，厚煤层综放开采已成为我国现代化高产高效集约化矿井的主流采煤方法。该方法采高大、推进速度快，造成的覆岩破坏和地表沉陷变形剧烈，环境破坏尤为严重。采用综放开采技术进行“三下”厚煤层开采虽然效率高、经济效益显著，但变形控制技术复杂、安全风险大。以往的开采沉陷理论和控制技术已不适用于解决综放开采引起的沉陷灾害问题，原有的覆岩破坏和地表沉陷规律及有关预测参数已不能满足综放开采安全生产的需要。“三下”厚煤层开采与沉陷治理已成为制约各大矿区安全、高效、健康、协调、可持续发展的关键。

兖矿集团 1992 年在兴隆庄煤矿 5306 工作面成功进行了综合机械化放顶煤开采试验研究，并在技术上取得了一系列重大突破。综放开采技术在兖州矿区各厚煤层矿井迅速推广，1996 年矿区综放开采总产量达到了 1163 万 t。综放开采技术的大规模推广，很快暴露出了原有开采沉陷理论和控制技术无法适应和解决新采煤方法的沉陷预计、沉陷控制和治理问题。

针对日益严重的综放开采沉陷灾害问题，兖矿集团于 1997 年制定了系统开展厚煤层综放开采沉陷控制与治理技术的攻关计划，开展了大规模的综放开采沉陷规律、预测技术、开采沉陷控制和治理技术等系统研究和工程实践。经过近十年的实测研究、科学试验和工程实践，兖矿集团在厚煤层综放开采沉陷控制和治理方面取得了丰硕成果，形成了厚煤层综放开采覆岩破坏和地表沉陷预测模型及参数体系、水体下厚煤层综放开采综合研究技术和安全保障成套技术体系、铁路站场及高压输电线路下综放安全开采成套技术体系；实现了矿区铁路及站场下、第四系含水层及大型河流堤坝下和高压输电线路

下的高产高效综放安全开采。兖州矿区已从“三下”厚煤层中累计安全采煤9000多万吨，占其同期总产量的1/3以上，保证了兖州矿区的健康、协调、可持续发展。同时，这些成果大大丰富了矿山开采沉陷理论，推动了我国煤炭工业的科技进步。

本书是在大量的现场实测研究、理论研究和工程实践的基础上，归纳总结而成的。全书共8章，系统地介绍了厚煤层综放开采沉陷规律、预测技术和建筑物、铁路、水体及高压输电线下综放开采的变形控制与治理关键技术，并列出了兖州矿区开采沉陷大量实测参数、数据和“三下”采煤组织管理经验，以供参考。

本书出版之际，特向兖州矿区生产技术人员和科技管理人员，以及参与兖州矿区科技攻关、科研课题协作的科研和设计单位表示诚挚的感谢。

由于水平有限，书中难免有疏漏不当之处，恳请读者批评指正。

作 者

2006年11月

内 容 提 要

本书结合兖州矿区地质采矿条件,总结论述了厚煤层综放开采岩层和地表移动规律、地表沉陷预测技术、建筑物下厚煤层开采相关技术、铁路和铁路站场下综放开采成套技术、综放开采覆岩破坏规律和水体下综放采煤技术、高压输电线路下综放开采变形分析与治理技术、采煤塌陷区土地复垦和生态建设技术。

本书可供煤矿安全生产管理人员、工程技术人员阅读,亦可供科研单位、高等院校相关专业人员参考。

目 录

1	绪论	1
2	厚煤层综放开采岩层和地表移动规律	2
2.1	矿区地质采矿条件	2
2.2	综放开采地表移动盆地特征及其参数	7
2.3	综放开采地表动态移动规律及其参数	14
2.4	综放工作面上方表土层内部移动变形研究	17
3	地表沉陷预测技术	27
3.1	开采沉陷预测模型简介	27
3.2	综放开采地表沉陷预测参数体系	29
3.3	兖州矿区概率积分法参数体系	29
3.4	开采沉陷预计系统和功能简介	30
4	建筑物下厚煤层开采相关技术	31
4.1	综放采动区建筑物变形破坏与地表变形的关系	31
4.2	采动区可搬迁抗变形房屋设计和试验	41
4.3	覆岩离层带注浆减沉技术和工业性试验	46
4.4	厚煤层部分开采地表沉陷控制技术研究	59
4.5	高潜水位平原矿区建筑物下特厚煤层开采的技术途径	68
5	铁路区间和铁路站场下综放开采成套技术	71
5.1	兖州矿区铁路变形预计和治理系统	71
5.2	煤矸石路基材料工程性质及其应用	74
5.3	综放开采区铁路区间快速维修和治理技术	81
5.4	矿区铁路站场下综放开采治理成套技术	92
6	综放开采覆岩破坏规律和水体下综放采煤技术	106
6.1	厚煤层综放开采覆岩破坏规律实测研究	106
6.2	水体下厚煤层综放开采设计理论及关键技术	121
6.3	水体下厚煤层综放开采工程实例	126
6.4	河流及堤坝下综放开采沉陷治理技术	130
7	高压输电线路下综放开采变形分析与治理技术	137
7.1	概述	137
7.2	采动影响下高压输电线路变形分析	138
7.3	高压输电线路下综放开采变形控制和治理技术	158
7.4	高压线路下采煤安全保障体系	162
7.5	高压输电线路下综放开采技术实践	165

8 采煤塌陷区土地复垦和生态建设技术	169
8.1 兖州矿区采煤塌陷环境灾害问题特点	169
8.2 平原矿区采煤塌陷土地复垦和治理模式	170
8.3 采煤塌陷区环境治理示范工程	173
参考文献.....	179

1 绪 论

1995 年以来,厚煤层综合机械化放顶煤开采(简称综放开采)技术因其采煤效率高、产量高而得到迅速推广。经过十多年的发展,目前已成为我国现代化高产高效矿井的核心技术。厚煤层综放开采与普通综采和爆破开采相比,其一次性开采厚度大,推进速度快,造成的覆岩破坏和地表沉陷剧烈,地表最大下沉速度约为普通分层开采的 4~5 倍,环境破坏尤为严重;“三下”综放开采沉陷治理技术复杂、难以控制。

由于厚煤层综放开采条件的特殊性,使得各矿区已掌握的传统中厚煤层一次采全高和分层开采的覆岩破坏高度和地表沉陷规律,以及有关预测参数不能满足综放开采的生产需要和安全保证。国内外关于综放开采沉陷和“三下”采煤问题研究很少,可供借鉴和参考的实测数据和工程案例不多,因此,系统开展厚煤层综放开采覆岩破坏与地表沉陷规律、控制和治理技术研究,具有重要的理论意义和实用价值,推广应用前景广阔,经济与社会效益巨大。

作为首批大规模推广应用综放开采技术的兖州矿区,针对日益严重的综放开采沉陷灾害问题,在 1997 年制定了系统开展厚煤层综放开采沉陷控制与治理技术的攻关计划,力争实现水体、铁路和高压输电线路下高产高效综放安全采煤,以及村庄煤柱优化设计与部分开采,减少煤炭资源呆滞和损失,建立塌陷区土地复垦和生态建设示范区,实现煤炭生产与生态建设同步可持续发展的奋斗目标。

经过 10 多年的大规模实地观测、科学试验和工程技术实践,兖矿集团在开采沉陷控制和治理方面取得了丰硕成果。其中,在厚煤层综放开采沉陷规律、控制和治理技术方面成果尤为突出,形成了厚煤层综放开采覆岩破坏和地表沉陷预测模型及参数体系,水体下厚煤层综放开采综合研究技术和安全保障成套技术体系,铁路站场及高压输电线路下综放安全开采成套技术体系;安全实现了矿区铁路及站场下,第四系含水层及大型河流堤坝下和高压输电线路下的高产高效综放安全开采。这些成果大大丰富了我国矿山开采沉陷理论的发展,推动了开采沉陷控制和治理技术的进步,并获得了 2005 年中国煤炭工业科技进步一等奖。

2 厚煤层综放开采岩层和地表移动规律

2.1 矿区地质采矿条件

兖州矿区地处鲁西南平原,土地肥沃,人口稠密,工农业和交通发达,是我国重点建设的特大型煤炭生产和出口基地。兖州煤田的南屯、兴隆庄、鲍店、东滩、北宿、杨村、唐村(已注销生产能力)等煤矿井田和济宁煤田的济宁二号、济宁三号煤矿井田,总面积444.2km²。矿区总设计生产能力2275万t/a,2003核定生产能力4100万t/a。兖州煤田主采的第3层煤煤厚平均为8.43m、济宁东部煤田为6.36m,目前主要采用综合机械化放顶煤开采工艺、全部垮落法控制顶板;第16、17层煤平均厚度为1.0m,主要采用走向长壁对拉工作面爆破开采或普采。截至2005年末,矿区保有资源量为36.6亿t,其中,能利用的储量为31.9亿t,可采储量为17.7亿t。

2.1.1 兖州煤田概况

兖州煤田位于山东省西南部的兖州、曲阜、邹城等三市境内,东至峰山断层,西、南、北三面均以第18_上层煤露头为界,南北长30.0km,东西宽15.6km,面积475.6km²。

2.1.1.1 自然地理环境

兖州煤田以峰山断层为界,东部和东北部为低山丘陵地带,山脉属太沂山系,大都呈东南~西北走向。煤田内有峰山、尼山、凤凰山等,海拔标高+450~+648m的山头有43个,主要分布在邹城、曲阜市东部。煤田内地形平坦,由东北向西南平缓降低,地面标高+36~+72m。

流经兖州煤田的河流主要有泗河、白马河、沙河、泥河等。其中,泗河属山洪河道,除洪水期外(最高洪水位+45.30m),河流常年处于干涸状态。泗河全长142km,河宽100~1000m,流域面积2590km²,最大流量3380m³/s,属季节性河流,与第四系潜水有一定的水力联系。泗河主要流经杨村、鲍店、兴隆庄等井田的3层煤隐伏露头附近,向西南注入南阳湖。白马河全长72km,流域面积达1052km²,河床宽度10~420m,流量一般为0~353m³/s,最大流量568m³/s(1972年7月6日),干旱季节一般无水,属季节性河流,与第四系潜水有一定的水力联系。白马河主要流经南屯、鲍店、东滩、北宿等井田,向西南注入南阳湖。沙河主要流经南屯井田,原为山洪冲沟,新中国成立后修建河堤,一般高1~2m,1957年6月连日暴雨,洪水在辛庄附近突破河堤,造成多个村庄被淹,面积约20km²。泥河主要流经东滩井田,属白马河支流,在井田内的长度为4.7km,河堤标高+46.0~+47.5m,河床宽20~50m。

兖州矿区气候温和,属温带季风区海洋与大陆间过渡性气候,四季分明。历年平均降雨量708mm,年最大降雨量1264mm(1964年),年最小降雨量271mm(1988年)。降雨多集中在7、8月份,春季少雨,时有春旱。历年平均蒸发量2011mm,年最大蒸发量2413mm(1966年),年最小蒸发量1800mm(1980年)。历年平均气温17.9℃,日最高气

温 40.3℃ (1961 年 6 月 21 日), 日最低气温 -18.3℃ (1964 年 2 月 17 日)。春、夏两季多东及东南风, 冬季多西北风。最大积雪深度 0.24m, 最大冻土深度 0.27m。

中国地震局、建设部《中国地震烈度区划图 (1990)》载明, 邹城市、兖州市的地震烈度为 7 度。据《中国地震资料年表》记载, 该区地震活动性不强, 但无感地震频发。据记载, 兖州市、邹城市历史上共发生地震 36 次 (截至 1999 年), 其中破坏性地震 7 次。

2.1.1.2 兖州煤田地质条件

兖州煤田位于鲁西南断块拗陷区的东部, 是受汶泗和峰山等大断层联合控制的断陷区。矿区内大部分地层被第四系地层覆盖, 偶有基岩出露。矿区内仅在杨村矿有燕山期岩浆岩揭露。煤田地层自上而下为第四系、第三系、侏罗系、二叠系、石炭系和奥陶系等, 具体情况见表 2-1。

表 2-1 兖州煤田地层情况

地层系统				地层厚度/m 最小~最大 平均	岩 性 描 述
界	系	统	组		
新生界	第四系			15.92 ~ 235.29 124.17	西北厚, 东南薄。根据颜色、岩性、含隔水性分上、中、下三组。上组以粘土、砂质粘土、砂及砂砾为主, 中组以粘土、砂质粘土及高岭土化的砂砾为主, 下组以粘土、砂质粘土、细砂、粉砂及砂砾为主
	第三系	下统		0 ~ 680.20	仅分布于曲阜井田 14 勘探线以东块段, 分上、下两段。上段由粘土质泥岩、粉砂岩及砂砾岩组成, 下段由砂岩、粉砂岩、砂砾岩及铝质泥岩等组成
中生界	侏罗系	上统	蒙阴组	0 ~ 794.86	东滩、南屯井田深部厚度大, 向南、西、北三方逐渐变薄至缺失, 厚度变化大。以泥岩、砂质泥岩、粉~粗砂岩、砂砾岩等为主
古生界	二叠系	上统	上石盒子组	0 ~ 360 276	滋阳地层以南, 仅兴隆庄井田东北角有残存, 残厚 0 ~ 32.60m; 滋阳断层以北曲阜区厚度较大, 为 200 ~ 360m。由泥岩、铝土质泥岩、细砂岩、粗砂岩等组成
			下石盒子组	0 ~ 181.88	东滩、兴隆庄井田东部最厚, 向南、西、北三面逐渐变薄至缺失。以紫红、灰绿、灰黄色的杂色铝质泥岩、灰绿色细粉砂岩为主
		下统	山西组	0 ~ 152.91 132.68	是最主要的含煤层段。以灰色中砂岩为主, 夹有杂色铝土质泥岩和灰~灰绿色粉砂岩。含局部可采煤层 2 煤及全区稳定可采煤层 3 煤 (在南屯、鲍店、东滩井田分叉为 3 _{上A} 、3 _上 和 3 _下 , 东滩的 3 _下 局部又分叉为 3 _{下1} 和 3 _{下2})
	石炭系	上统	太原组	0 ~ 218.00 173.92	由深灰~灰黑色泥岩、粉砂岩、灰色铝质泥岩、灰~灰绿色砂岩等组成, 中夹灰岩 11 层和薄煤 22 层 (4 ~ 18 煤)。全区稳定可采煤层为 16 _上 、17 煤, 位于本组下部; 局部可采煤层为 6、10 _下 、15 _下 、18 _上 煤
			本溪组	18.42 ~ 70.00 41.48	西南厚, 东北薄。由灰白色石灰岩、杂色铝质泥岩、铝铁质泥岩、铝土岩等组成, 偶夹透镜状薄煤和薄层砂岩
	奥陶系			450 ~ 750	为煤系基地, 并于煤田外围有隐蔽露头分布, 仅南部鳊山和北部滋阳山一带有零星出露地表, 常被侵蚀成残山和缓丘。以灰白色石灰岩和白云岩为主

兖州煤田呈一轴向北东、向东倾伏的不完整、不对称的向斜构造，称为兖州向斜。其东端被峰山断层切割，与峰山穹隆相邻。西至孙氏店断层，与济宁地堑为邻。南以鳊山龙宝山断层为界，与鳊山背斜相连。北接滋阳背斜，以郛城断层为界。南北向、东西向、北西向断层组明显控制着兖州煤田的构造，形成以北东向为主的褶曲、逆断层组和南北向、东西向、北西向三个正断层组的构造格架。根据构造分布、发育的特征不同，可将兖州煤田划分为两个构造区段，滋阳断层以北为曲阜区，以南为兖州区。兖州煤田地层产状平缓，倾角为 $2^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

兖州煤田为全隐蔽煤田，含煤地层为石炭系太原组和二叠系山西组，平均总厚 305m，共含煤 35 层，含煤平均总厚 18.77m，含煤系数为 6.1%。其中可采和局部可采煤层 8 层，可采煤层平均总厚 14.25m，含煤系数为 4.7%。全区稳定可采煤层为 3(3_上、3_下)，16_上，17 煤，平均总厚 10.39m，占可采煤层总厚的 72.91%，其中 3 煤平均厚度 8.34m，占可采煤层总厚的 58.52%。局部可采煤层为 2(3_{上A})、6、10_下、15_上、18_上 煤，均为缓倾斜煤层。

煤的品种为中变质气煤。山西组第 3 层煤属低灰、低硫、低磷煤层。太原组各煤层属富硫或高硫煤，其中第 16_上、17 层煤属低灰富硫煤，是一种液化性能良好的煤种。

2.1.1.3 兖州煤田水文地质概况

兖州煤田为一轴向北东东的不完整向斜盆地。煤田南、西、北三面以煤层露头为界，外围分别为邹西、曹洼、曲阜奥陶系石灰岩水源地，东为峰山断层所切割（对盘自南至北为太古界混合岩、寒武系地层）。煤系地层露头被第四系含水砂砾层或侏罗系红层所覆盖。兖州煤田为一相对独立的水文地质单元。

各矿井水文地质类型大多为中等类型，但南部北宿矿简单，西北部杨村矿复杂。

第四系冲积层含有多层粘土和砂质粘土，具有隔水作用，所以大气降水及地表水对矿井充水影响不明显。对矿井涌水直接有关的含水层主要是上侏罗统红层、山西组砂岩、太原组第三灰和第十_下灰及奥灰岩。开采山西组 3 煤期间，以顶板砂岩水为主，水量不是很大。开采 16_上、17、18_上 煤时，奥灰水易发生底鼓突出。

2.1.2 济宁煤田概况

济宁煤田（东区）位于山东省济宁市区域内的兖州、济宁、嘉祥、微山、鱼台、金乡等县。东起孙氏店断层，西至嘉祥断层，北起二十里铺断层，南至菏泽断层，南北长约 45km，东西宽约 21km，面积 922.8km²。其中，在济宁断层以东的东部煤田，南北长约 32km，东西宽约 13km，面积约 416km²。

2.1.2.1 自然地理环境

济宁煤田属平原地形，地势平坦，地面标高 +32 ~ +38m，为由北东向西南逐渐降低的滨湖冲积平原。其中，济宁三号井田湖区面积约占 2/3，济宁二号井田西南濒临南阳湖。

南阳湖分布于煤田的西部及西南部，是附近地表水的聚积地。湖区面广水浅，边部多为芦苇沼泽地，中部则是水草泥底，常年积水，中部水深约 2m，枯水季节小于 1m，历年最低水位标高为 +32.32m（1962 年 3 月 8 日）；洪水季节水深可达 4m 以上，新中国成立后最高洪水位标高为 +36.54m（1957 年 7 月 15 日）。其范围北至济宁，南至鱼台，东至马坡，西至嘉祥、金乡县境内。

矿区内主要河流有京杭运河、泗河、幸福河及洸府河等，它们以湖盆为中心，自北向南分别流入南阳湖。京杭运河河床宽 292.9m，最高水位标高为 +36.67m，汛期最大流量 626m³/s（1964 年 9 月 6 日），旱季流量变小，甚至断流。洸府河全长 48km，河床宽约 400m，流域面积 1367km²，汛期最大流量 400m³/s（1964 年 9 月 1 日），旱季流量减小乃至干涸。东部及南部的幸福河及泗河等，均为季节性河流。

矿区内气候温和，属温带季风区海洋—大陆性气候。历年平均降雨量 677mm，年最大降雨量 1186mm（1964 年），年最小降雨量 442mm（1966 年）。降雨多集中在 7、8 月份，春季少雨，时有春旱。年平均蒸发量 1785mm，年最大蒸发量 2228mm（1960 年），年最小蒸发量 1451mm（1964 年）。历年平均气温 13.6℃，日最高气温 41.6℃（1960 年 6 月 21 日），日最低气温 -19.4℃（1964 年 2 月 18 日）。春、夏两季多东及东南风，冬季多西北风。最大积雪深度为 0.15m。最大冻土深度为 0.31m。

中国地震局、建设部《中国地震烈度区划图（1990）》载明，济宁市任城区地震烈度为 7 度。

2.1.2.2 济宁煤田地质条件

济宁煤田位于山东省西南部，按地层划分属华北地层区鲁西地层分区济宁地层小区。该小区除东北部太古界、震旦系、寒武系和奥陶系出露外，其余均被第四系覆盖。第四系之下发育有石炭系、二叠系、侏罗系和第三系等，具体情况见表 2-2。

表 2-2 济宁煤田（东区）地层情况

地层系统				地层厚度/m	岩 性 描 述
界	系	统	组		
新生界	第四系			0~500	广布于全区，西南部较厚。主要由粘土、砂、砂砾及砾石组成
	第三系	上统		0~836	主要分布于郛城、鄆城、菏泽、曹县等地区，以曹县地区厚度最大。为一套棕黄、红色泥岩、粉砂岩，底部常见砂砾岩，下部有时夹泥煤薄层
	第三系	下统	官庄组	240~1000	分布在成武、郛城、梁山、汶上、宁阳至泗水一线。以土红、灰绿等杂色粘土岩为主，下部普遍含有石膏层
中生界	侏罗系	上统	蒙阴组	0~1300 以上	分布较广，分上、下两部分。下部以红砂岩为主，底部有一层不稳定的砾岩，最大厚度可达 700m；上部为灰绿色粉、细砂岩互层夹泥岩，最大厚度可达 600m 以上
古生界	二叠系	上统	上石盒子组	0~197	主要由紫红、灰绿等杂色铝质泥岩、粉砂岩和灰色粉砂岩等组成，含植物化石，底部含铝土岩
		下统	下石盒子组	0~181	由灰绿色砂岩和杂色铝质泥岩、粉砂岩组成
			山西组	>90	是主要含煤地层。由灰白、浅灰、灰绿色砂岩、深灰色粉砂岩、泥岩及煤层组成
	石炭系	上统	太原组	200	以深灰色粉砂岩、泥岩为主，夹部分砂岩、石灰岩及煤层
		中统	本溪组	20~80	以杂色铝质泥岩为主，夹薄层灰岩
	奥陶系			750	区内广泛分布，为层状灰岩、豹皮灰岩及白云质灰岩等

在区域构造上, 济宁煤田(东区)位于鲁西南断陷盆地的东南部。区域内被近东西向和南北向的正大断裂切割成块陷。近南北向正断层以西倾为主, 多东升西降。煤系地层保存于下降盘。济宁煤田北部和南部分别为近东西向的地堑构造。北部为汶泗断层和郛城断层所控制的汶上~宁阳地堑构造, 南部为菏泽断层、凫山断层和单县断层控制的成武~鱼台地堑构造。煤田东部为滋阳背斜、兖州向斜、滕县背斜; 西部为巨野向斜, 多为宽缓褶曲。济宁煤田(东区)虽受南北向区域性断层的控制, 但含煤地层的褶曲仍保存着北东向的特点。济宁二号和三号井田位于济宁煤田(东区)中部、南北向的济宁地堑构造内, 区内有岩浆岩揭露。

济宁煤田(东区)含煤地层为石炭系太原组和二叠系山西组。可采煤层主要有 $3_{上}$ 、 $3_{下}$ 、 $6_{下}$ 、 $10_{下}$ 、 $12_{下}$ 、 $15_{上}$ 、 $16_{上}$ 及17煤层, 共8层, 平均总厚10.6m, 主采煤层是 $3_{上}$ 、 $3_{下}$ 、 $16_{上}$ 及17煤层。

山西组和太原组上部煤层为气煤, 太原组下部煤层以肥煤为主, 兼有少量气煤, 可作为配焦、化工及动力用煤。太原组各煤层硫分含量高, 为中至富硫煤层。

2.1.2.3 济宁煤田水文地质概况

济宁煤田(东区)东界孙氏店断层以东自北向南为曹洼奥灰水源地和邹西奥灰水源地, 西界以济宁断层与唐口勘探区相邻, 南北以露头为界; 区内主要河流有泗河、京杭运河、洸府河, 自北向南流入煤田西南部南阳湖, 地表水对矿井开采影响较小。矿区内主要含水层除第四系上组砂层和煤田浅部奥灰富水性强、补给条件好外, 其余各含水层, 包括煤田深部奥灰, 富水性弱至中等, 补给条件不良, 以静储量为主。

济宁二号矿矿井水文地质类型简单, 济宁三号矿简单至中等。

2.1.3 其他开采技术条件

1) 煤层顶、底板

目前主采的第3层煤直接顶板为1~4m厚的粉砂岩, 局部地段有0.5m以下的泥岩伪顶, 其上为10~20m浅灰色中砂岩基本顶。煤田中、南部煤层分岔地段, 夹石层下部的泥岩、粉砂岩或砂岩作为下层($3_{下}$)煤的顶板, 夹石层变厚带在泥岩、粉砂岩以上的粉砂岩、细砂岩为下层($3_{下}$)煤的直接顶或基本顶。第3层煤的直接底板为1~2m厚的粉砂岩, 其下为10~17m厚的细砂岩。

2) 瓦斯

兖州矿区各井田均属低瓦斯矿井。

3) 煤尘爆炸指数

各可采煤层均有煤尘爆炸危险。据1996年测定结果, 开采上组煤的矿井煤尘爆炸指数最高的是鲍店矿, 为42.16%, 一般在37%以上。

4) 煤的自然倾向性

矿区内各煤层都有自然发火倾向, 厚煤层发火期为3~6个月。在开采中东滩矿时曾发生18天后即发火的情况。

5) 地温

据兖州煤田钻孔测定, 非煤系地层地温梯度较小, 一般为 $1.6^{\circ}\text{C}/\text{km}$; 煤系地层地温梯度相应增高, 一般为 $2.7^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。综合平均地温梯度为 $2.44^{\circ}\text{C}/\text{km}$ 。通常, -650m 以上层段的地温不超过 31°C , 属正常地温区; $-650\sim-900\text{m}$ 层段的地温为 $31\sim37^{\circ}\text{C}$, 属I

级高温区；-900m 以深的地温将超过 37℃，属Ⅱ级高温区。

2.2 综放开采地表移动盆地特征及其参数

2.2.1 地表移动观测站概况

认识和掌握开采引起的岩层和地表沉陷规律是研究开采沉陷问题的基础。由于地质采矿条件的复杂性，实测研究仍是目前认识和掌握采动覆岩破坏和地表沉陷规律的最可靠手段。兖州矿区自 1985 年开始，已建立了比较完整的各类地表移动观测站 18 个，观测线 39 条。这些观测站包含了薄煤层爆破开采、厚煤层分层综采和综采放顶煤开采，在地质方面，涵盖了从 28 ~ 205.9m 变化的冲积层和 65 ~ 644m 的采深以及 0.92 ~ 8.7m 的采厚，几乎涉及了矿区的所有地质采矿条件。其中薄煤层爆破开采条件下观测站 5 个，厚煤层综采（分层）观测站 7 个，综采放顶煤开采观测站 6 个。各观测站情况见表 2-3。

表 2-3 兖州矿区地表移动观测站情况表

观测站	H_1 H_2/m	采厚/ m	走向长/ m	倾向长/ m	倾角/ (°)	表土厚 度/m	采煤 方法	顶板控制 方法	观测线数
兴隆庄 5306	399 442	6.26	400	163.5	4	183	综采 放顶煤	全陷法	2
兴隆庄 4314	331 319	8.22	1579.2	160	4.3	195 ~ 199	综采 放顶煤	全陷法	2
兴隆庄铁 路观测站	319 377	8.22			4.2	195 ~ 199	综采 放顶煤	全陷法	1
兴隆庄 2308	309.4	2.88	1340	160.0	6	205.9	分层综采	全陷法	1
鲍店 1308	400 455	8.5	1270	154	4	194	综采 放顶煤	全陷法	2
鲍店 1301	480 360	3.0	163	1276	2.8 ~ 4.8	202	分层综采	全陷法	4
鲍店 1310	378 440	8.7	1028	198	6	180	综采 放顶煤	全陷法	2
东滩 14303	610	2.8	2000	175	8	90 ~ 110	分层综采	全陷法	2
南屯 33上03	284	2.9	1723	154	3.5	112	分层综采	全陷法	2
济宁二号井 1306	597	2 ~ 3.8 2.43	640 ~ 670	130	6	173	倾向长壁 综采	全陷法	2
济宁二号井 1301	589.2 617.2	2.64	878.5	180.4	5	175	倾向长壁 综采	全陷法	4
济宁二号井 4302	576 644	2.58	180	1195	6	186	走向长壁 综采	全陷法	2
济宁三号井 4301	555 595	6.67	1347.8	177.3	3 ~ 5	184.6	综采 放顶煤	全陷法	2

续表

观测站	H_1 H_2/m	采厚/ m	走向长/ m	倾向长/ m	倾角/ (°)	表土厚 度/m	采煤 方法	顶板控制 方法	观测线数
扬村 三采区	250 320	1.25	560	480	6	196	爆破开采	全陷法	4
北宿 六采区	350 260	0.92	1400	450	3~10	55	爆破开采	全陷法	2
唐村 1462	210	0.97	190	760	3	33	走向长壁 爆破开采	全陷法	1
唐村 1664	255 272	0.96			2~7	41	走向长壁 爆破开采	全陷法	2
唐村 4702	65 81.8	1.04	160	250~310	4~7	28~34	走向长壁 爆破开采	全陷法	2

地表移动观测站完全按有关规程的要求设置,测点间距根据采深确定,一般在 20 ~ 25m 之间。测点大多为水泥桩,埋设方法有预制的和现场直接浇筑的。由于综采放顶煤一次开采厚度大,地表下沉量大,采后积水,为保证地表移动观测的完整性,部分观测站采用了焊接接高测点的方法。从观测方法看,早期大多采用钢尺量边,经纬仪测定方位。后期的观测站采用全站仪测量边长、方位或直接测定坐标。水准仪测量高程。有的观测站还采用了 GPS 进行定位和观测。观测精度大多能满足测量规程的要求。

此外,兖州矿区还建立了 3 个岩土体内部移动变形观测站,采用岩土体内部三维移动变形监测系统,系统地进行了厚煤层综放开采条件下岩土体内部移动变形和地表沉陷的实测研究,积累了大量宝贵的实测数据,为建立开采沉陷预测模型和参数体系,开发研究开采沉陷控制和治理技术奠定了科学的基础。

2.2.2 地表移动盆地特征

图 2-1、图 2-2 所示分别为 1308 和 5306 综放开采工作面观测站最终地表下沉剖面图。实测地表移动剖面图表明,厚煤层综放开采的地表移动盆地在剖面上形状相近,近似为一碗形。但 5306 工作面因面积较小,地表没有达到充分采动,因而下沉盆地呈锅形,没有出现平底现象。

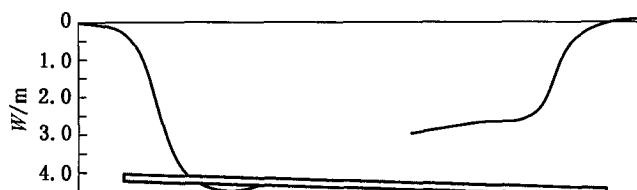


图 2-1 1308 观测站最终地表下沉剖面图

从综放开采地表移动盆地剖面图中可看出,开切眼一侧和终采线一侧的地表下沉分布存在较大程度的差异,非对称分布特别明显。出现此现象的根本原因是开切眼和终采线上方岩层移动过程的差异造成的。在开切眼一侧,随着开采工作面的推进,采空空间逐渐增

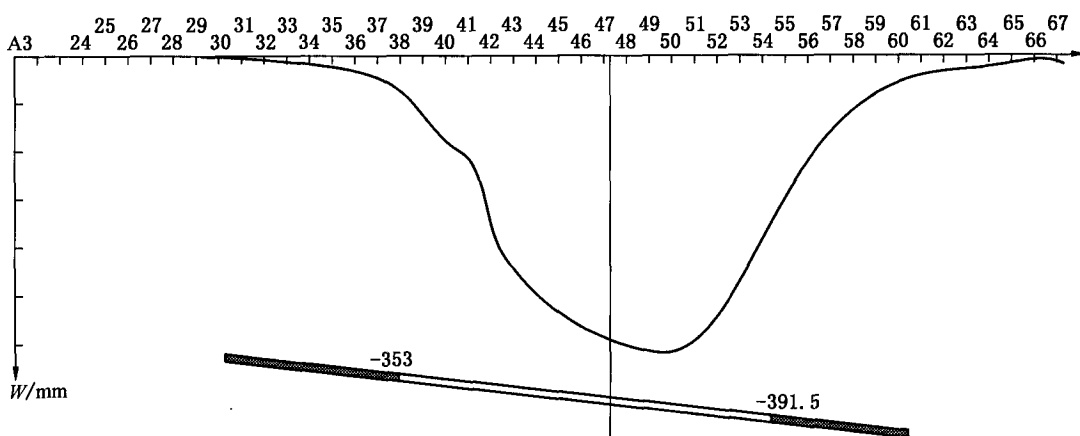


图 2-2 5306 观测站倾向观测线最终下沉剖面曲线

大,继而产生顶板和基本顶的初次垮落,并随着采出空间的急剧增大,岩层断裂和移动的范围逐渐向上发展直至地表,岩层的断裂形式为两端支承的梁式破断;在终采线一侧,顶板及上覆岩层的断裂和变形主要呈现为悬臂梁破断和弯曲的形式。对于综放开采,除上述因素外,由于开切眼一侧和终采线一侧的采煤、放煤工艺有显著差异,并且煤炭实际采出量也差异较大,因此导致两侧地表移动规律存在显著差异。

综放开采相似材料模拟研究表明:自开切眼后,随着采空区加宽,顶煤冒落呈“梯”形向高处发展,直至顶煤全部冒落;在初次放煤前的大量顶煤将滞留于安息角下无法回收,可起到一定的充填采空区和控制边界上方覆岩破坏的作用;覆岩的变形和破坏是在顶煤垮落后开始并逐步向四周扩展,在上覆岩层内形成了“梯”形的冒落带和裂缝发育区。综放末采一般有两种方法:一是留 10~15m 顶煤不放;二是爬顶板回收方法(爬顶距离约 50m)。两种方法都会使终采线附近煤炭损失较多。为保护综放工作面两端出口,一般两端的 2~3 架支架上的顶煤保留不放,或放煤不完全,形成了端头损失。正是综放开采工艺特点造成的采空区边界附近的煤炭损失,对覆岩移动起到了一定的控制作用,限制了覆岩的充分垮落和岩层移动的发展,造成拐点向采空区偏移。这是综放开采拐点偏距大于一般分层综采拐点偏距的主要原因,同时,初采和末采工艺的差异造成了终采线一侧的拐点偏距大于开切眼一侧,使两侧的地表移动规律明显不同。

2.2.3 地表移动盆地边界角

边界角是描述地表移动盆地范围边界的参数,包括走向边界角 δ_0 、下山边界角 β_0 以及上山边界角 γ_0 。一般认为,边界角与采深、采厚、表土层的厚度、采动程度、采动次数有关。采深越大,边界角越大;采厚越大,边界角越小;采动次数越多,边界角越小。对于表土层较厚的鲍店、兴隆庄、东滩等矿,由于表土层移动角未知,且其大小对边界角影响很大,现场一般求取的是不考虑表土层移动角的综合边界角,因此表土层厚度对综合边界角有一定的影响。

兖州矿区各综放开采地表移动观测站实测地表移动盆地边界角见表 2-4。