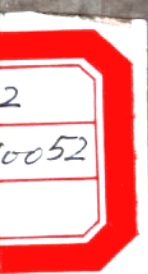


济宁二号煤矿

矿压显现规律与控制

张东俭 徐恩虎 苗素军 著

煤炭工业出版社



济宁二号煤矿矿压显现规律与控制

张东俭 徐恩虎 苗素军 著

煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

济宁二号煤矿矿压显现规律与控制/张东俭, 徐恩虎, 苗素军著. —北京: 煤炭工业出版社, 2001
ISBN 7-5020-2031-4

I. 济… I. ①张…②徐…③苗… II. 煤矿开采-矿山压力-研究 IV. TD82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 040710 号

济宁二号煤矿矿压显现规律与控制

张东俭 徐恩虎 苗素军 著

责任编辑: 郑发科 刘新建

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

*

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/16}$ 印张 $9^{1/2}$

字数 223 千字 印数 1—650

2001 年 6 月第 1 版 2001 年 6 月第 1 次印刷

社内编号 4802 定价 平装 26.00 元
精装 35.00 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

序

大跨度全煤巷道锚杆支护是我国煤炭工业领先于世界同行业的先进技术。近10年来,广大科技人员解决了开采过程中的许多难题。目前,已在支护理论、支护新材料、施工配套装备、安全监测、管理技术等方面取得了系统的成果。

我非常高兴地看到,山东济宁煤田新区的济宁二号煤矿的工程技术人员与科研单位的研究人员携手合作,对新区的岩层运动与矿压控制技术进行了深入、系统的研究,取得了丰硕的成果,并在实践中得到了成功的应用。这些成果,丰富了深埋、多构造条件下的采场、巷道矿压控制理论和技术,同时对今后鲁西南煤田的开发,也有着重要的指导意义。

谨以此序向本书的作者表示祝贺,并期待有更多富有实践经验的工程技术和管理者,把自己的心得和成果写出来,奉献给煤炭行业的同仁,为共同谱写21世纪我国煤炭工业的新篇章贡献力量。

俄罗斯自然科学院外籍院士 **宋 杨**
山东科技大学副校长、教授、博导

2001年3月

前 言

鲁西南（济宁、巨野、菏泽）煤田是我国今后 10 年重点开发的矿区之一，摸清该地区采场和巷道的矿压显现规律，提出针对性的矿压控制技术，不仅对现有的兖矿集团公司济宁二号煤矿、济宁三号煤矿有重要的现实意义，而且对下一步鲁西南煤田的开发具有重要的指导意义。

济宁二号煤矿是该地区首采的大型矿井，肩负着科研探索的重任。兖矿集团公司和济二煤矿的领导具有强烈的责任感和紧迫感，连续 7 年投入资金支持科学研究，特别是在采场和巷道矿压控制方面，设立了 10 多个项目，与山东科技大学、中国矿业大学、辽宁工程技术大学及有关科研院所广泛开展合作，集百家之长，解决了济宁二号煤矿一个又一个难题，为济宁二号煤矿顺利投产和高产高效开采作出了贡献。

本书论述的内容大都来自山东科技大学、中国矿业大学等单位与济宁二号煤矿科技合作项目的成果，其中部分成果已获得了省科技进步二等奖，并在实践中得到了检验。编辑出版这本书一是为了将作者的一些体会写出来与大家交流，请同行们提出宝贵意见；二是为了将工程实践和科研成果系统地整理出来。本书如果能对济宁二号煤矿及具有相近地质条件矿井的工程技术人员的工作有所帮助，是我们最大的心愿。

本书论述的成果是联合攻关、团结奋斗的结果，是集体智慧的结晶，在此，谨向为本书出版作出贡献的各方面的科技人员表示衷心的感谢！

由于作者水平所限，错误之处敬请读者指正！

作 者

2001 年 3 月

目 录

序	
前言	
第一章 济宁二号煤矿地质概况及主采煤层顶底板分类	1
第一节 济宁二号煤矿地质概况及开采条件	1
第二节 济宁二号煤矿主采煤层的围岩力学性质	9
第三节 济宁二号煤矿主采煤层回采工作面顶底板分类	15
第二章 回采工作面矿山压力显现规律	32
第一节 采场矿山压力显现与上覆岩层运动间的一般关系	32
第二节 超前支承压力分布与矿压显现规律	47
第三节 济宁二号煤矿采场矿山压力显现规律	56
第三章 回采工作面顶板控制与支架选型	82
第一节 济宁二号煤矿采场顶板结构类型及运动规律	82
第二节 综采(放)工作面顶板控制与合理支架选型	85
第四章 回采工作面支护质量保障系统	88
第一节 科学顶板管理体系的组成	88
第二节 综采(放)工作面支护质量与顶板动态监测	88
第三节 ZYDC—1 型综采支架压力计计算机在线监测系统	94
第五章 回采巷道矿山压力显现规律及控制	97
第一节 济宁二号煤矿巷道分布与支护类型	97
第二节 济宁二号煤矿回采巷道围岩运动与矿压显现规律的理论研究	100
第三节 综采(放)顺槽及切眼锚网支护设计方法	116
第四节 巷道锚网支护效果的监测	119
第五节 综采(放)顺槽及切眼锚网支护实践	121
主要参考文献	143

第一章 济宁二号煤矿地质概况及主采煤层顶底板分类

第一节 济宁二号煤矿地质概况及开采条件

一、地质概况

(一) 井田概况

济宁二号井田位于山东省济宁市任城区兗新铁路以南, 其范围东起孙氏店断层, 西至京杭运河, 北以兗新铁路与岱庄、许厂井田相隔, 南至 3910000 纬线与济宁三号井田相毗邻。东西宽 10km, 南北长 6~11km, 面积约 90km²。

本区属平原地形, 井田内地形平坦, 地势北高南低, 为一由东北向西南逐渐降低的滨湖冲积平原。井田西南濒临南阳湖, 井田内主要河流有洸河和京杭运河, 均系人工河, 另有辽沟河、小辛河、古运河及一些小型沟渠。

济宁二号煤矿设计年生产能力 400 万 t, 服务年限 67.5 年, 其中第一水平 25.5 年, 第二水平 42 年。矿井采用立井开拓。第一水平标高为 -555m, 采用中央并列抽出式通风; 第二水平标高为 -750m。采区按南北两翼划分, 矿井大巷大部分布置在煤层中。

(二) 井田地层

济宁二号井田地层, 自下而上为中、下奥陶统石灰岩, 中石炭统本溪组, 上石炭统太原组, 下二叠统山西组、下石盒子组, 上二叠统上石盒子组, 上侏罗统蒙阴组及第四系。分述如下:

(1) 奥陶系中、下统 (O_{1-2})。据本井田东侧兗西水源勘探区 3—2 号钻孔揭露, 总厚为 742m。分下统和中统, 下统厚 72.1m, 以白云质灰岩为主; 中统厚 669.9m, 主要为青灰、灰褐色, 质纯致密厚层状灰岩。

(2) 石炭系中统本溪组 (C_{2k})。厚度 43.00~70.50m, 平均 60.30m。主要由杂色灰绿色铝质泥岩、铝铁质泥岩及石灰岩组成, 上部偶夹薄煤层 (煤 19), 无经济价值。含石灰岩 3~4 层 (十五、十四、十三、十二)。灰岩十四厚度 4.80~11.30m, 平均 6.75m; 灰岩十三厚度 4.50~9.50m, 平均 6.27m, 厚度大, 全区稳定, 为良好标志层。灰岩十二为薄层灰岩, 不稳定, 常为泥质岩所替代。底部为一层浅灰色为主、夹紫红等色的铝质铝土岩, 相当于 G 层铝土岩和山西式铁矿层, 是本组重要标志层之一。本溪组与下伏奥陶系灰岩为假整合接触。

(3) 石炭系上统太原组 (C_{3t})。厚度 145.35~196.50m, 平均 170.92m。由一套深灰色~灰黑色粉砂岩、泥岩、灰色砂岩、细砂岩与粉砂岩互层及煤层组成。含煤 23 层 (4、5、6、7、8_上、8_下、9、10_上、10_中、10_下、11、12_上、12_中、12_下、14、15_上、15_下、16_上、16_下、17、18_上、18_中、18_下), 其中可采 (16_上、17) 和局部可采煤层 (6、10_下、15_上) 5 层, 是本井田

重要含煤组。含灰岩 12 层（一、二、三、四、五、六、七、八、九、十_上、十_下、十一），灰岩三厚度 2.90~8.30m，一般 5.52m；灰岩（十_下）厚度 3.10~8.63m，一般 5.08m，全区稳定，厚度大，为本组主要标志层。其它各层灰岩，常相变为泥岩或粉砂岩，但可按其岩性、厚度以及与其他岩层的结合关系，作为岩煤层对比的标志层。本组与下伏本溪组地层为整合接触。

（4）二叠系下统山西组（P_{1s}）。厚度 73.00~118.10m，平均 95.0m。主要由浅灰、灰白色及灰绿色砂岩，深灰、灰黑色粉砂岩、铝质泥岩及煤组成。含煤 4 层（1、2、3_上、3_下），可采两层（3_上、3_下），其中 3_下 煤层厚度大，储量丰富，是本井田最主要可采煤层。山西组为本区主要含煤组。本组地层与下伏太原组地层为整合接触。

（5）二叠系下统下石盒子组（P_{1x}）。厚 20~90m，一般 56.00m。由灰绿色砂岩、杂色铝质泥岩，灰~深灰色、铝质泥岩、粉砂岩组成。为内陆河床及湖泊相的沉积物。与下伏山西组地层为整合接触。

（6）二叠系上统上石盒子组（P_{2s}）。最大残厚 197.20m，一般 116.50m，由南向北逐渐增厚，东西向变化幅度较小。主要由杂色铝质泥岩、粉砂岩和灰绿色砂岩组成，为内陆河床及湖泊相沉积。以底部 B 层铝土岩下的粗粒砂岩作为底界与下石盒子组相分界。上、下石盒子组之间地层为整合接触。

（7）侏罗系上统蒙阴组（J_{3m}）。最大残厚 467.20m，平均 244.53m，地层由东向西，自北往南逐渐增厚。按岩性特征蒙阴组在本区可分为四段，自下而上分述如下：

下段（第一段）：厚 59.00~200.50m，主要为砖红色泥质细至中粒砂岩，胶结较松散，含铁质，底部常发育一薄层砾岩，成分以石英岩为主，石灰岩次之，铁、泥质胶结。第二段：厚 57.00~116.50m，为暗紫、紫红色细砂岩、中砂岩，夹多层泥质岩薄层，底部常有砂砾岩或砾岩层。第三段：厚 24.50~129.00m，为紫灰、暗紫及棕色中细粒砂岩，质较坚硬。第四段：残厚 0~170.00m，为灰、深灰、暗紫及灰绿色中、细粒砂岩、砂砾岩，局部为钙质胶结，质较致密、坚硬，仅在井田西部和南部残留。本组与下伏地层为不整合接触。在第三、四层段间，普遍侵入有厚层状岩浆岩，最大厚度 152.60m，西、南部厚，东、北部薄。岩性主要为橄榄辉长岩、角闪辉长岩及辉石正长斑岩等，辉长岩的主要矿物为基性斜长石、辉石、橄榄石、角闪石等，副矿物有少量磷灰石及磁铁矿、黑云母；辉石正长斑岩的主要矿物为正长石及暗色矿物辉石，副矿物有少量黑云母、磁铁矿等。

（8）第四系（Q）。厚度 149.40~246.34m，平均 187.42m，由东北向西南逐渐增厚。自下而上分下、中、上三组，分述如下：

下组（Q_下）：厚度 55.20~124.64m，平均 89.92m。由灰白色、灰绿色砂质粘土、粘土质砂及砂砾层组成。主要含水层有三层，下层厚度 2.60~19.70m，不稳定，常相变为粘土，含砂 1~2 层；中层厚 3~29m，含砂 1~3 层；上层厚 7.8~35.50m，含砂 2~5 层。

中组（Q_中）：厚度 24.00~61.90m，平均 42.95m。由灰绿、黄褐色砂质粘土、粘土、粘土质砂组成，偶夹透镜体状砂层 1~2 层。粘土层厚度占本组厚度的 60%~70%，粘性强，隔水性能好。

上组（Q_上）：厚度 52.00~86.90m，平均 69.45m。以黄褐色砂质粘土、粘土、砂层为主。主要含水层二层，下层厚度 5.50~28.20m，含砂 2~3 层；上层厚 2.50~17.50m，含砂 1~2 层。砂层多为细~中粒，主要成分为石英，含少量砾石，粘土质含量低，结构较松散。本组含水量丰富。

(三) 可采煤层

本井田含煤地层为太原组和山西组,平均总厚为 265.92m。可采及局部可采煤层有 3_上、3_下、6、10_下、15_上、16_上、17 共 7 层,平均总厚 10.92m,占煤层总厚的 77.6%;可采含煤系数为 4%。其中主要可采煤层为 3_上、3_下、16_上 和 17 煤层;6、10_下 和 15_上 三层煤为局部可采煤层。各煤层的厚度、结构、稳定性、层间距及其变化等一般情况见表 1-1-1。各可采煤层分述如下:

表 1-1-1 可采煤层一览表

煤层名称	煤 层			夹 石			
	全区厚度 (m)	稳定性	结 构	层间距 (m)	层数	厚度 (m)	岩性
3 _上	$\frac{0 \sim 6.00}{2.10}$	较至不稳定	较简单	$\frac{0 \sim 50.73}{28.20}$ $\frac{27.85 \sim 55.14}{40.00}$ $\frac{45.51 \sim 71.42}{55.37}$ $\frac{26.28 \sim 34.89}{31.02}$ $\frac{28.30 \sim 43.58}{34.61}$ $\frac{3.36 \sim 10.61}{7.35}$	0~4	0~0.59	粉砂岩
3 _下	$\frac{0 \sim 17.96}{4.68}$	较稳定	较简单		0~3	0~0.59	粉砂岩
6	$\frac{0 \sim 1.41}{0.68}$	不稳定	简单		0~2	0~0.20	粉砂岩 或泥岩
10 _下	$\frac{0 \sim 0.94}{0.68}$	不稳定	简单		0~1	0~0.17	泥岩
15 _上	$\frac{0.20 \sim 1.02}{0.71}$	不稳定	简单		0~1	0~0.06	泥岩
16 _上	$\frac{0.75 \sim 1.64}{1.18}$	稳定	简单		0~2	0~0.40	泥岩或 炭质砂岩
17	$\frac{0.51 \sim 2.46}{0.89}$	较稳定至稳定	简单		0~3	0~0.21	泥岩或 粉砂岩

3_上 煤层:位于山西组中部,下距 3_下 煤层 0~50.73m,平均 28.20m,间距变化较大。煤厚 0~6.00m,平均 2.10m,为较稳定至不稳定煤层,煤层结构西部简单,东部较复杂。可采范围主要分布在中部和西部,在东北和东部出现沉积缺失区,在西部 19—2 号孔附近出现冲刷区。

3_下 煤层:位于山西组下部,下距太原组的 6 煤层 40m 左右,距三灰 50 多米。煤层厚 0~17.96m,平均 4.68m,为较稳定煤层。煤层东厚西薄,最厚处在辽沟河和洮府河汇合处。在井田东北角及西部有冲刷现象,使煤层变薄至缺失。全区大部分可采,仅在井田西部由于冲刷而出现不可采,煤层结构较简单,含夹石 0~3 层,岩性一般为粉砂岩,厚度 0~0.59m。在八里铺断层以东有 19 个孔 3_下 煤出现分岔,夹石厚度达 0.60m 以上,形成独

立的分层，最大间距达 3.89m。

6 煤层：位于太原组上部，下距三灰 7~15m，一般在 12m 左右；距 10_下 煤层 45.51~71.42m，一般在 55.37m，煤厚 0~1.41m，平均 0.68m，为不稳定煤层。结构简单，局部含夹石 1~2 层，厚 0~0.20m，一般为粉砂岩或泥岩。可采范围在全区呈零星分布。

10_下 煤层：位于太原组中部，下距八灰 16m；距 15_上 煤层 26.28~34.89m，一般 31.02m。煤厚 0~0.94m，平均 0.68m。结构简单，一般不含夹石。可采范围集中在井田中部，为不稳定煤层。

15_上 煤层：位于太原组中部，九灰为煤层的直接顶板。下距十_下 灰 25.03~37.24m，一般 30m 左右；距 16_上 煤层 28.30~43.58m，平均 34.61m。煤厚 0.20~1.02m，平均 0.71m。煤层结构简单，一般不含夹石。可采范围集中于井田中部，为不稳定煤层。

16_上 煤层：位于太原组下部，十_下 灰为该煤层的直接顶板。下距 17 煤层 3.36~10.61m，平均 7.35m。煤厚 0.75~1.64m，平均 1.18m，全区无不可采点。结构简单，有时含夹石 1~2 层，夹石最大厚度 0.40m，岩性为泥岩或灰质砂岩。为稳定煤层。

17 煤层：位于太原组下部，十一灰为该煤层的直接顶板。下距十二灰 14.60~25.75m，平均 18.57m。煤厚 0.51~2.46m，平均 0.89m。结构简单，一般无夹石。为稳定至较稳定煤层。

(四) 井田构造

济宁二号井田位于济宁煤田（东区）中部。煤系地层走向总体趋势近南北，向西倾斜，倾角平缓。地质构造以宽缓褶曲为主，轴向多为东北、向西南倾伏，并伴有一定数量的断层。井田地质构造如图 1-1-1 所示。

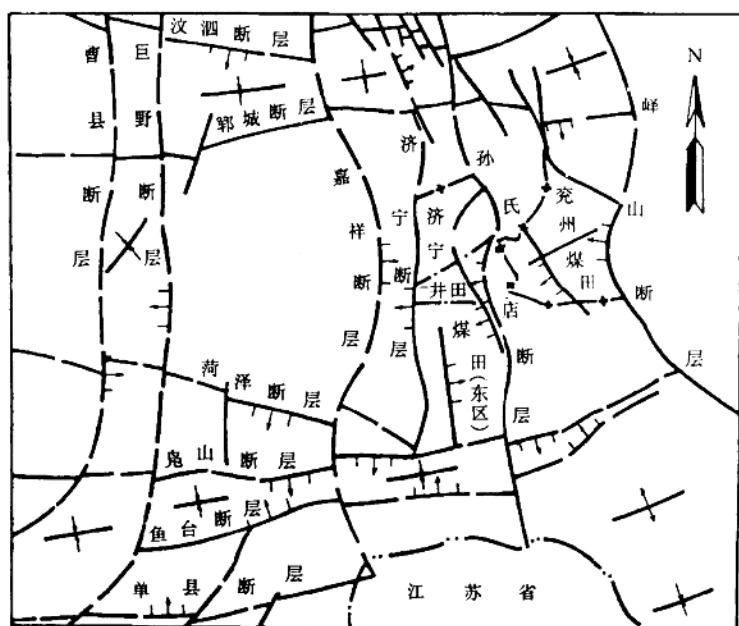


图 1-1-1 井田地质构造图

1. 地层产状及主要褶皱

井田内以北东向的宽缓褶皱为主,少量北西向褶皱。次级褶皱发育,背、向斜相间排列,褶皱轴具走向变化和起伏的特点,从而形成地层走向变化较大的特点。井田北部地层走向为北东东向;东部近南北向;西部多为北东向,局部为北西及北北东向。倾角一般 $2^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 。总体趋势是东部高、西部低,北部高、南部低。

2. 断层

受井田东边界区域性的孙氏店断层控制,井田东部发育着走向北北西~近南北和北东向的正断层。大断层以西倾为主,形成自东向西的阶状下降,控制着井田的主要构造形态。其次,尚有少量的北西向落差较小的断层组。

本井田内断层是影响采区、工作面布置和生产的主要构造。由于济二煤矿设计巷道大部为沿煤层掘进的巷道,落差10m以上的断层使开拓巷道长距离在岩层中,加之该断层控制了工作面的布置,因此10m以上断层应作为采区边界。由于 $3_{上}$ 、 $3_{下}$ 煤层厚度变化较大,工作面中遇到小正断层使煤层变薄,当断层带煤厚小于2m时,工作面必须破顶或底板推进。因此, $3_{上}$ 煤层中落差1m以上的断层、 $3_{下}$ 煤层中落差2m以上的断层均将造成破顶或底板推进,降低了工作面进度,即产量下降,且原煤中矸石、灰分增高,降低了煤质。

3. 岩浆岩

井田内上侏罗统第三段上部的红色砂岩中普遍有燕山期(晚白垩世)的岩浆岩侵入,岩性主要为橄榄辉长岩、角闪辉长岩及辉石正长斑岩等,呈层状侵入,厚度11.70~152.60m,平均96.87m。西厚东薄,南厚北薄,大部为1层,局部分为2层。岩浆岩底界到 $3_{上}$ 煤顶界的距离一般大于300m,对煤系及煤层均无影响。

(五) 水文地质

济宁二号井田上覆地层第四系厚149.40~246.34m;上侏罗统(包括岩浆岩)平均厚244.53m。 $3_{上}$ 煤层顶板砂岩之上有二叠系隔水层组平均厚165.42m,煤层埋藏深度在490m以下。因此,大气降水,南阳湖和洸河、辽沟河等地表水,第四系砂层水和上侏罗统砂岩水,很难渗补给煤系各含水层,与矿井涌水量无直接关系。最下一个可采煤层,与奥灰之间沉积有比较厚的压盖隔水层组。

上组煤直接充水含水层,根据所在构造块段的富水性和补给情况,分为三区:

I_{1B} 区:位于八里铺断层以西,直接充水含水层富水性弱,八里铺断层处仅有2.3km范围与奥陶系顶部灰岩相对,补给水源差,水文地质条件简单。

I_{1A} 区:位于八里铺断层与孙氏店断层之间,八里营断层以南。直接充水含水层富水性弱。孙氏店断层长达11km范围内与奥陶系强含水层富水区相对,补给水源充沛。但因孙氏店断层的附生断层、分支断层多,使直接充水含水层被连续错断,与奥灰相对而不接触,补给途径不好,水文地质条件也比较简单。

I_1 区:位于八里铺断层与孙氏店断层之间,八里营断层以北。北面直接充水含水层露头远在二十里铺断层以南第四系之下,富水性中等,东面孙氏店断层处补给条件与 I_{1A} 区基本相同,水文地质条件中等。

下组煤直接充水含水层埋藏深,富水性弱,水文地质条件简单,断层带富水导水性极弱。

根据《矿井水文地质规程》(试行)第二章第4条,本井田水文地质条件属于简单类型。

(六) 瓦斯、煤尘和煤的自然

(1) 瓦斯。本井田内各主采煤层瓦斯成分和含量数见表 1-1-2。

表 1-1-2 煤层瓦斯成分与含量数

煤层		3 _上	3 _下	16 _上
项目	CH ₄	$\frac{19.76 \sim 20.22}{19.99 (2)}$	$\frac{11.49 \sim 48.54}{26.05 (7)}$	$\frac{2.04 \sim 81.39}{38.58 (3)}$
	CO ₂	$\frac{29.39 \sim 30.87}{30.13 (2)}$	$\frac{2.37 \sim 26.67}{16.76 (7)}$	$\frac{5.07 \sim 43.87}{18.95 (3)}$
	N ₂ 及其它	$\frac{49.38 \sim 50.39}{49.89 (2)}$	$\frac{27.95 \sim 86.14}{57.20 (7)}$	$\frac{13.54 \sim 59.76}{42.46 (3)}$
	含量 (cm ³ /g)	$\frac{0.29 \sim 0.33}{0.31 (2)}$	$\frac{0.22 \sim 1.33}{0.81 (7)}$	$\frac{0.04 \sim 1.67}{0.88 (3)}$
含 量 (cm ³ /g)	CH ₄	$\frac{0.29 \sim 0.33}{0.31 (2)}$	$\frac{0.22 \sim 1.33}{0.81 (7)}$	$\frac{0.04 \sim 1.67}{0.88 (3)}$
	CO ₂	$\frac{0.45 \sim 0.47}{0.46 (2)}$	$\frac{0.20 \sim 0.67}{0.40 (7)}$	$\frac{0.10 \sim 0.86}{0.40 (3)}$

3_上、3_下 和 16_上 煤层的 CH₄ 平均含量分别为 0.31、0.81、0.88cm³/g, CO₂ 平均含量分别为 0.46、0.40、0.40cm³/g。瓦斯成分中 CH₄ 分别为 19.99%、26.05%、38.58%, 属瓦斯风化第二带~甲烷氮气带。瓦斯含量均小于 1cm³/g, 故根据兖州煤田勘探资料和生产矿井实测的瓦斯等级、类别, 预测本井田第一水平属低瓦斯矿。

(2) 煤尘。本井田各可采煤层的煤质牌号为气煤和气肥煤, 挥发份较高, 一般在 40% 左右, 而影响煤尘爆炸的主要因素是煤的挥发份, 其含量愈高, 煤尘爆炸的危险性就愈大。勘探期间的取样试验结果见表 1-1-3。各可采煤层的火焰长度为 589~702mm, 岩粉量为 73%~81%, 均有爆炸危险, 符合一般规律。

表 1-1-3 煤层煤尘爆炸指标试验结果表

煤层	煤尘	火焰长度 (mm)	岩粉量 (%)	煤尘爆炸指数 (%)	结 论
3 _上		$\frac{140 \sim 800}{589 (28)}$	$\frac{55 \sim 85}{75 (28)}$	40.36	有爆炸危险
3 _下		$\frac{277 \sim 850}{604 (47)}$	$\frac{55 \sim 85}{73.7 (47)}$	38.87	有爆炸危险
6		$\frac{450 \sim 850}{659 (19)}$	$\frac{70 \sim 85}{77 (19)}$	42.59	有爆炸危险
10 _下		$\frac{450 \sim 800}{658 (10)}$	$\frac{70 \sim 85}{79.5 (10)}$	46.99	有爆炸危险
15 _上		$\frac{450 \sim 850}{682 (8)}$	$\frac{75 \sim 90}{81.3 (8)}$	44.51	有爆炸危险
16 _上		$\frac{200 \sim 850}{655 (12)}$	$\frac{65 \sim 85}{78.3 (12)}$	45.15	有爆炸危险
17		$\frac{500 \sim 850}{702 (9)}$	$\frac{75 \sim 90}{80 (9)}$	44.54	有爆炸危险

(3) 煤的自然发火倾向。本井田精查时对各煤层的自然发火性进行了采样测试, 其结果见表 1-1-4。

表 1-1-4 煤层自然发火指标试验结果表

煤层	原 样 (°C)	氧化样 (°C)	还原样 (°C)	ΔT (°C)	自然发火等级	结 论
3 _上	$\frac{293 \sim 372}{330 (24)}$	$\frac{290 \sim 361}{323 (18)}$	$\frac{324 \sim 381}{341 (18)}$	$\frac{4 \sim 58}{18.2 (18)}$	I (2) II (3) III (1) IV (12)	极易~不自然发火的
3 _下	$\frac{320 \sim 376}{335 (46)}$	$\frac{283 \sim 360}{325 (39)}$	$\frac{327 \sim 380}{342 (39)}$	$\frac{3 \sim 65}{15.5 (39)}$	I (2) II (3) III (4) IV (30)	极易~不自然发火的
6	$\frac{324 \sim 371}{333 (17)}$	$\frac{303 \sim 352}{318 (11)}$	$\frac{329 \sim 376}{341 (11)}$	$\frac{13 \sim 30}{23 (11)}$	I (3) III (6) IV (2)	易~不自然发火的
10 _下	$\frac{321 \sim 371}{334 (12)}$	$\frac{304 \sim 350}{319 (9)}$	$\frac{325 \sim 383}{346 (9)}$	$\frac{6 \sim 57}{26.4 (9)}$	I (2) III (6) IV (1)	极易~不自然发火的
15 _上	$\frac{326 \sim 378}{340 (9)}$	$\frac{305 \sim 358}{328 (6)}$	$\frac{330 \sim 384}{350 (6)}$	$\frac{13 \sim 28}{21.8 (6)}$	I (1) III (5)	易~可能自然发火的
16 _上	$\frac{327 \sim 377}{334 (13)}$	$\frac{308 \sim 356}{322 (8)}$	$\frac{332 \sim 385}{342 (8)}$	$\frac{13 \sim 29}{20.5 (8)}$	I (2) III (6)	易~可能自然发火的
17	$\frac{322 \sim 370}{333 (13)}$	$\frac{314 \sim 350}{325 (6)}$	$\frac{335 \sim 380}{345 (6)}$	$\frac{16 \sim 30}{20.5 (6)}$	III (6)	可能自然发火的

3_上、3_下、10_下 煤层为 (I~IV) 极易自然发火~不自然发火煤层。6 煤层为 (II~IV) 易自然发火~不自然发火煤层。15_上、16_上 煤层为 (II~III) 易自然发火~可能自然发火煤层。17 煤层为 (III 级) 可能自然发火煤层。故本井田各可采煤层均有自然发火倾向。

(4) 煤的硬度。井田精查时对各可采煤层的硬度均进行了采样测定, 其成果见表 1-1-5。

表 1-1-5 煤层硬度统计表

煤 层	3 _上	3 _下	6	10 _下	15 _上	16 _上	17
煤硬度 (f)	$\frac{2.00 \sim 2.29}{2.16 (3)}$	$\frac{1.63 \sim 2.11}{1.91 (3)}$	$\frac{2.35 \sim 2.86}{2.57 (4)}$	$\frac{1.40 \sim 2.30}{1.80 (3)}$	$\frac{1.30}{1.30 (1)}$	$\frac{1.30 \sim 1.50}{1.40 (2)}$	$\frac{1.50 \sim 1.60}{1.55 (2)}$

对各煤层宏观鉴定结果为, 3_上、3_下、6 煤层多呈块状, 6 煤层还有呈棱角状和硬片状的, 故较硬; 10_下、15_上、16_上、17 煤层疏松性脆, 故较软。

(七) 可采煤层的顶底板

(1) 3_上 煤层。顶板主要为灰绿~灰白色粉、细、中或粗粒长石石英砂岩, 钙泥质胶结, 厚 0.60~28.00m, 局部有 0.65~6.50m 泥岩直接顶、厚 0.08~0.52m 的泥岩或粉砂岩伪顶。岩性、厚度变化较大。为中等到稳定顶板, 其抗压强度为:

粉砂岩: 53.15~101.30MPa;

细砂岩: 78.36~194.17MPa;

中、粗砂岩: 138.87MPa。

直接底主要为粉砂岩和泥岩；老底为中、细、粗粒砂岩，部分老底砂岩直接为3_上煤底板。

(2) 3_下煤层。顶板主要为灰白色细、中、粗粒长石石英砂岩，灰~深灰色粉砂岩。砂岩为钙、泥质胶结，厚0.50~31.93m。局部有伪顶，厚0.17~0.70m，岩性为泥岩或粉砂岩。为中等~稳定顶板，其抗压强度为：

细砂岩：61.88MPa；

中、粗粒砂岩：30.50~135.14MPa。

底板以粉砂岩和泥岩为主，细砂岩次之，偶见中砂岩，厚0.55~15.45m。局部有泥岩或粉砂岩直接底板，厚0.08~0.63m。

(3) 6煤层。顶板主要为深灰色粉砂岩、泥岩和粉、细砂岩互层，厚0.70~20.53m。局部为1.00~8.88m厚细砂岩。裂隙较发育，为不稳定~中等稳定顶板，其抗压强度为：

泥岩：18.44MPa；

粉砂岩：49.43~115.62MPa；

粉、细砂岩互层：34.32~58.25MPa；

细砂岩：81.10~149.75MPa。

底板主要为粉砂岩，泥岩和细砂岩次之，厚0.43~13.60m。偶见泥岩或粉砂岩直接底板，厚0.10~0.40m，泥岩底板遇水变软，不利于支护。

(4) 10_下煤层。顶板为灰色~深灰色粉砂岩，厚0.70~18.50m，裂隙不发育，岩性较均一，为中等~稳定顶板，其抗压强度为53.74~74.04MPa。

底板以灰色粉砂岩为主，其次为深灰色泥岩和灰色细砂岩。厚0.56~7.30m。局部有泥岩或粉砂岩直接底板，泥岩底板遇水变软，不利于支护。

(5) 15_上煤层。顶板为第九层石灰岩，厚0~2.55m，局部相变为泥岩或粉砂岩，裂隙较发育。灰岩下常有0.03~0.85m泥岩或粉砂岩伪顶。

石灰岩顶板为稳定顶板，泥岩、粉砂岩顶板为不稳定顶板。据北宿矿经验，当工作面采至顶板相变处（由灰岩顶向泥岩顶推进），常发生垮顶事故，应加强支护和顶板管理，为极不稳定顶板。其抗压强度为：

石灰岩：88.06~188.09MPa；

粉砂岩：38.05MPa。

底板为0.50~4.70m厚的泥岩或7.61~14.42m厚的中砂岩。偶见0.10~0.55m厚的泥岩或粉砂岩直接底，泥岩底板遇水变软，不利于支护，如再遇顶板相变，则顶板管理更为困难，亦是冒顶的原因之一。

(6) 16_上煤层。顶板为第十_下层石灰岩，厚3.10~8.63m，裂隙发育，多由方解石充填。局部有0.05~0.35m厚泥岩伪顶，为稳定顶板。十_下层灰岩抗压强度为：111.50~180.25MPa。

底板主要为铝质泥岩，部分为粉砂岩，厚0.45~2.35m。局部有0.10~0.77m厚铝质泥岩直接底板，遇水变软，支柱易下陷，支护困难。

(7) 17煤层。顶板为第十一层石灰岩，厚0~3.23m，常相变为粉、细、中粒砂岩，厚0.56~7.10m。局部有0.05~0.40m厚的泥岩或粉砂岩伪顶。裂隙较发育，为方解石充填。

石灰岩顶板为稳定顶板，粉砂岩顶板为中等稳定顶板。当工作面自灰岩顶向相变的粉砂岩顶板方向，推进至其相变处时，易垮顶，应加强顶板管理和支护。顶板岩石的抗压强

度为:

石灰岩: 92.08~153.28MPa;

粉砂岩: 58.45~65.70MPa。

底板主要为灰色铝质泥岩, 厚 0.53~5.65m。其次为粉砂岩, 局部相变为细砂岩, 厚 0.80~6.55m。铝质泥岩底板遇水易变软膨胀, 不利于支护, 如再逢顶板相变处, 则使支护条件更为恶化。

根据上述各可采煤层顶底板岩石特征分析认为: $3_{上}$ 、 $3_{下}$ 、 $10_{下}$ 、 $16_{上}$ 、17 煤层为中等稳定~稳定顶板, 6、 $15_{上}$ 煤层为不稳定~稳定顶板; $3_{上}$ 、 $3_{下}$ 、6、 $10_{下}$ 、煤底板以粉砂岩、泥岩为主, 属中硬底板, $15_{上}$ 、 $16_{上}$ 、17 煤底板以泥岩为主, 属较软底板。

二、开采技术条件

济宁二号煤矿采用全煤巷开拓部署, 服务年限较长的巷道一般采用锚网喷或可缩性 U 型钢支护。由于煤层倾角平均在 5° 左右, 视具体情况, 既可采用走向长壁布置, 也可采用倾斜长壁开采。近期回采的 $3_{下}$ 煤层, 较适合综合机械化开采, 对厚度在 3m 以上的局部地段, 要实施放顶煤, 以提高资源回收率。根据矿压观测, 砂岩顶板脆性大, 层理、节理发育, 冒落比较充分, 采用全部垮落法管理顶板, 无须采取强制放顶措施。当地面有需要保护的建筑物时, 可通过多层位注浆减沉技术, 阻止离层带的扩展。煤巷一般采用综掘, 支护形成主要有两种, 一是工字钢棚, 当两侧均为实体工作面时, 采用单棚, 当沿空送巷时 (沿空侧留 3~5m 煤柱), 采用对棚; 二是锚网支护, 不仅用于综采 (放) 顺槽, 在大断面综采 (放) 切眼 (宽 8m), 也已成功应用, 使综采面设备安装周期大幅度缩短。

第二节 济宁二号煤矿主采煤层的围岩力学性质

围岩力学性质主要指岩石的强度特征和变形特征。强度特征决定着采场和巷道围岩的稳定性和破坏的难易程度, 变形特征决定着采场和巷道围岩的稳定特点。岩石力学性质测试的主要内容有抗压强度、抗拉强度、内聚力、内摩擦角、弹性模量和泊松系数等。

岩石力学性质试验用的试件主要取自济宁二号煤矿检 1、检 2、检 3 和检 4 等 4 个钻孔的岩芯。

一、岩石抗压强度

抗压强度是指试件在承受单向压缩而破坏时的应力值。岩石抗压强度受到组成岩石矿物颗粒的强度及其颗粒形状和大小, 以及颗粒间的连结力、岩石的空隙性和湿度等因素影响。

测定济宁二号井岩石抗压强度采用标准的圆柱体试件, 即将试件加工成直径 $D=5\text{cm}$, 高 $H=10\text{cm}$ 的圆柱, 在材料试验机上进行单向压缩试验。抗压强度按下式计算:

$$\sigma_c = \frac{4P}{\pi D^2} \quad (1-1)$$

式中 σ_c ——试件抗压强度, MPa;

P ——试件破坏载荷, kN。

各不同岩层的抗压强度如表 1-2-1 所列。

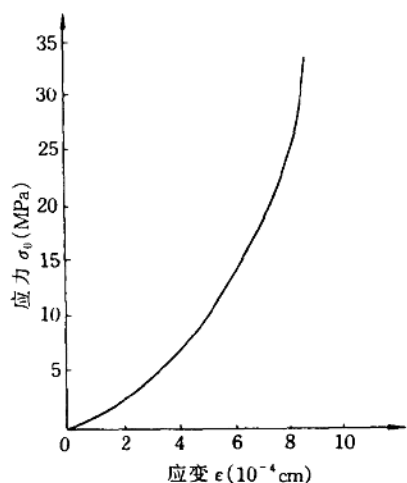


图 1-2-1 砂岩单轴压缩曲线

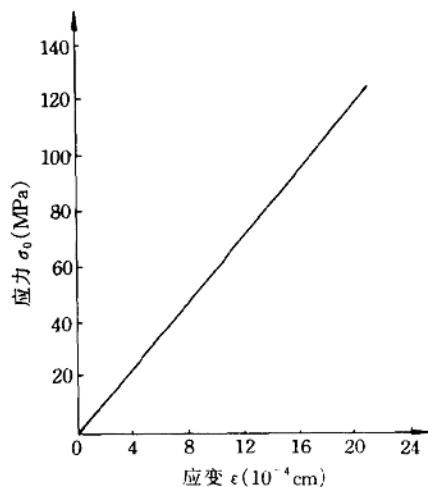


图 1-2-2 粉砂岩单轴压缩曲线

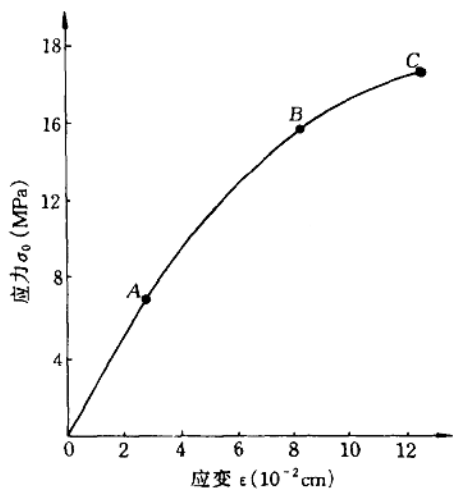


图 1-2-3 粘土砂岩单轴压缩曲线

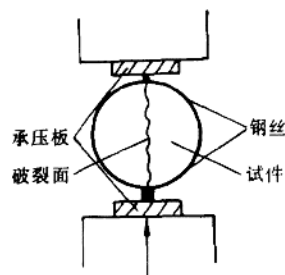


图 1-2-4 抗拉强度试验方法

图 1-2-1、图 1-2-2 和图 1-2-3 为中砂岩、粉砂岩和粘土岩经试验得出的应力应变关系曲线。

比较坚硬的中砂岩(图 1-2-1),整个变形过程近似地呈弹性状态,直到突然破坏。粉砂岩(图 1-2-2)具有明显的压缩段,压缩段过后,变近似直线增长,直线斜率较大,当应力达到一定值时,曲线开始弯曲,最后岩石破坏。粘土岩(图 1-2-3)的曲线可分为直线段 OA,岩石近似弹性变形;弯曲段 AB,为塑性变形段,纵向变形加快;BC 为破坏段,应变急剧增加,导致岩石破坏。

二、岩石抗拉强度

抗拉强度是指试件在单向拉伸作用下发生破坏时的应力值。岩石抗拉强度比其抗压强度要低得多,一般单向抗拉强度为单向抗压强度的 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{12}$ 。

测定岩石抗拉强度时通常采用劈裂法(图 1-2-4),试件为圆盘形,直径 $D=5\text{cm}$,厚度 $d=2.5\text{cm}$ 。抗拉强度按下式计算:

$$\sigma_t = \frac{2P_t}{\pi Dd} \quad (1-2)$$

式中 σ_t ——单向抗拉强度, MPa;

P_t ——劈裂载荷, kN。

各不同岩层的抗拉强度如表 1-2-1 所列。

三、岩石的内聚力和内摩擦角

剪切破坏是岩石破坏的基本形式之一,它在岩体破坏中占主导地位。因此岩石的剪切强度反映岩石抵抗剪切滑移的能力是岩石力学性质最重要的特征之一。根据莫尔—库仑强度理论,岩石的剪切强度可用内聚力和内摩擦角表示,其直线型准则为

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (1-3)$$

式中 τ, σ ——形成剪切破坏(或滑移)的极限应力面上的剪应力(即抗剪强度)和正应力, MPa;

c ——岩石的内聚力, MPa;

φ ——岩石的内摩擦角。

岩石抗剪试验是在斜的剪切试模中进行,如图 1-2-5 所示。根据试模的形状,将试块加工成直径 $D=5\text{cm}$,高 $H=10\text{cm}$ 的圆柱体,卡在试模中,在材料试验机上加压。试验结果得出作用在试块剪切面上的极限正应力和极限剪应力分别为

$$\sigma = \frac{P}{F} (\cos \alpha + f \sin \alpha) \quad (1-4)$$

$$\tau = \frac{P}{F} (\sin \alpha - f \cos \alpha) \quad (1-5)$$

式中 σ ——作用在剪切面上的极限正应力, MPa;

τ ——作用在剪切面上的极限剪应力, MPa;

P ——岩石剪切破坏时的压力, kN;

F ——剪切面积, $F=Dh$, m^2 ;

f ——摩擦系数, $f = \frac{1}{na}$, n, a 分别为试模上的滚轴数量和滚轴直径;

α ——剪切面与水平面夹角。

按库仑准则反映在 $\tau-\sigma$ 平面上是一条直线,在直线上任意取两点,则可求得 c, φ 值

$$c = \tau_b - \sigma_a \tan \varphi \quad (1-6)$$

$$\varphi = \arctg \frac{\tau_b - \tau_a}{\sigma_b - \sigma_a} \quad (1-7)$$

各岩层的剪切试验结果如表 1-2-1 所列。