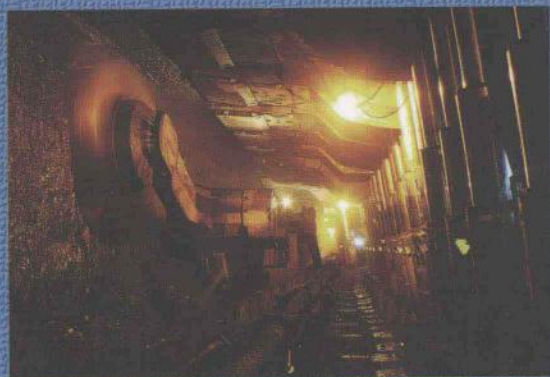


第二版

矿区瓦斯防治技术

煤炭工业出版社

霍忠锋 编著



开滦矿区瓦斯防治技术

霍忠锋 编著

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

开滦矿区瓦斯防治技术/霍忠锋编著. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2011

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3879 - 3

I. ①开… II. ①霍… III. ①煤矿 - 瓦斯爆炸 - 防治 - 唐山市 IV. ①TD712

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 118101 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 13³/₄
字数 324 千字 印数 1—1 000
年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷
书内编号 6689 定价 41.00 元

版权所有 违者必究

如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

开滦集团开滦矿区位于河北省唐山市丰南区、玉田县、丰润县、古冶区及天津市宝坻县、蓟县的交界处，包括开平煤田和蓟玉煤田，属石炭二叠系成煤。开滦集团目前在开滦矿区有9个生产矿井，在这9个矿井中，一个是煤与瓦斯突出矿井（赵各庄矿），一个是高瓦斯矿井（唐山矿），其余为低瓦斯矿井。开滦矿区的瓦斯治理难点和主要特点：一是开采历史长，已有130多年，开采条件复杂；二是煤层埋藏深，目前生产水平平均为765 m；三是近距离煤层群联合开采，主要可采煤层有5、7、8、9、12号，这几个煤层最小间距0.3 m，最大间距50 m，一般在15~20 m；四是煤层透气性差、瓦斯附着力大，抽放困难等。

本书介绍了开滦矿区基本情况、瓦斯基本参数测定情况；研究总结了矿区瓦斯赋存规律与特点，包括瓦斯地质规律、瓦斯赋存与防治的关系等；研究总结了不同情况下的瓦斯涌出规律，包括不同矿井的采掘工作面涌出规律、深部开采的瓦斯涌出规律等；研究了煤层群开采瓦斯抽放工艺参数，在此基础上提出了瓦斯治理的基本方法和措施；介绍了计算机模拟技术在瓦斯预测和防灾抢险决策中的应用。本书的大量数据均来自现场实测，翔实可靠。由于本书编写时间较长，采用的都是当时的一些数据，所以，同一矿井、同一事件可能出现前后不一样的数据，这是因为时间不同而引起的数据变化。

在本书编写过程中，开滦集团东欢坨矿张显峰总工程师，开滦集团公司通风部郭达主任、武建国副主任为作者提供了相关资料，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参阅了大量文献，在此对文献的作者表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免有不当之处，恳请读者批评指正并提出宝贵意见。

编 者

2011年3月

目 次

1 开滦矿区基本情况	1
1.1 矿区资源状况及主要开拓方式	1
1.2 矿区地质条件	3
1.3 煤层与煤质	7
2 开滦矿区瓦斯赋存规律与特点	10
2.1 矿区煤质与瓦斯赋存关系	10
2.2 开滦矿区瓦斯地质规律	12
2.3 开滦矿区主采煤层瓦斯赋存规律	25
2.4 矿区瓦斯涌出的控制因素分析	28
3 开滦矿区瓦斯参数测定	33
3.1 煤层瓦斯压力参数测定	33
3.2 煤层透气性系数测定	36
3.3 煤的坚固性系数及煤的瓦斯放散初速度测定	41
3.4 未采区域煤层瓦斯含量测算	44
4 开滦矿区瓦斯涌出规律	47
4.1 瓦斯涌出及影响因素分析	47
4.2 工作面及采空区瓦斯涌出规律	48
4.3 煤层瓦斯涌出规律	51
4.4 深部开采瓦斯涌出规律	53
4.5 矿井瓦斯涌出量预测	73
5 矿井通风方式及参数	82
5.1 开滦矿区矿井通风基本方式	82
5.2 开滦矿区风量计算细则	85
5.3 赵各庄矿通风系统优化改造	89
5.4 唐山矿通风系统优化改造	110
6 防治瓦斯基本措施	117
6.1 矿井瓦斯治理技术	117

6.2	局部通风瓦斯防治与管理	120
6.3	瓦斯监测系统	123
6.4	盲巷瓦斯排放	131
7	煤层群开采瓦斯抽放	135
7.1	开滦矿区抽放瓦斯现状	135
7.2	开滦矿区煤层群开采瓦斯抽放工艺与参数	136
8	唐山矿高瓦斯矿井综放瓦斯防治	148
8.1	唐山矿概况	148
8.2	T ₂ 195 综放工作面瓦斯防治	150
8.3	T ₁ 491 综放工作面瓦斯防治	155
8.4	综放工作面上隅角瓦斯抽放	158
9	赵各庄矿防治煤与瓦斯突出技术	160
9.1	赵各庄矿瓦斯赋存情况	160
9.2	赵各庄矿深部开采瓦斯动力现象	168
9.3	煤与瓦斯动力现象危险性预测及敏感指标	174
9.4	煤与瓦斯动力现象危险性区域划分	180
9.5	煤与瓦斯动力现象的防治措施	188
10	防止瓦斯灾害扩大措施	193
10.1	矿井灾害预防及处理计划的编制	193
10.2	矿井反风演习	197
11	计算机模拟技术在防治瓦斯中的应用	204
11.1	矿井通防监测火灾抢险决策综合可视化系统开发与应用	204
11.2	瓦斯涌出预测预报	207
	参考文献	213

1 开滦矿区基本情况

1.1 矿区资源状况及主要开拓方式

1.1.1 矿区资源状况

1.1.1.1 矿区煤炭地质储量

截至2009年底,开滦(集团)有限责任公司(以下简称开滦集团)开滦矿区9对生产矿井,井田范围内共有地质储量 $378663.2 \times 10^4 \text{ t}$,工业储量 $339592.7 \times 10^4 \text{ t}$,可采储量 $189648.2 \times 10^4 \text{ t}$ 。

1.1.1.2 开滦矿区煤炭产业状况

开滦矿区现有9个生产矿井,是我国大型炼焦煤生产基地,肥煤的储量和产量均占我国的30%左右。所属矿井的煤炭种类有肥煤、焦煤、1/3焦煤和气煤4种,按可采储量计,肥煤占43%,焦煤占16%,1/3焦煤占12%,气煤占29%。开滦集团有炼焦煤选煤厂6座,动力煤选煤厂1座,选矸车间1座。开滦集团的冶炼精煤有肥煤、焦煤、1/3焦煤,冶炼精煤具有黏结性强,结焦性好,炼焦强度高等优点;动力煤具有灰熔点高,发热量适中,可磨性好,燃尽性好,燃烧速度快等优点,既是优质的发电用煤,又是优良的工业动力用煤。

1.1.1.3 开滦集团煤炭生产经营状况

开滦集团1999—2006年主要生产经营指标完成情况见表1-1。

表1-1 开滦集团1999—2006年主要生产经营指标完成情况

年 份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
原煤产量/ 10^4 t	2030.4	2156.6	2233.8	2318.2	2549.7	2561	2782	2847
商品煤销量/ 10^4 t	1628	1791	1905	1882	1886	2610	2612	2680
原煤效率/ $(\text{t} \cdot \text{工}^{-1})$	2.97	3.56	3.89	4.23	5.23	6.74	7.66	8.97
百万吨死亡率	0.246	0.324	0.281	0.319	0.398	0.306	0.288	0.173
回采工作面平均月产/ $(\text{t} \cdot \text{个}^{-1} \cdot \text{月}^{-1})$	37393	43811	49981	55889	67196	79608	86046	90632
采煤机械化/%	80.06	82.61	85.31	85.26	89.37	93.16	94.39	95.78
掘进机械化/%	61.52	75.00	77.52	76.00	81.88	82.03	85.16	89.08
企业利税总额/万元	31849	36848	40758	50912	53694	78875	111934	145309

1.1.1.4 开滦集团安全生产状况

近几年来,开滦集团通过完善安全管理制度,改善技术装备,强化安全技术培训等综

合管理措施，初步构建了适合本企业的安全管理长效机制，安全生产状况总体比较平稳。但是煤炭伤亡事故、非伤事故和非煤各类事故时有发生，而且随着煤矿生产不断发展和部分矿井逐步走向衰老，威胁煤矿安全的很多难以预测的隐患也在逐渐增多，安全管理正面临着一个新的难点。开滦集团 2000—2006 年安全生产主要指标统计见表 1-2。

表 1-2 开滦集团 2000—2006 年安全生产主要指标统计

年 份	轻伤人数	重伤人数	千人负伤率	煤炭生产死亡人数	百万吨死亡率
2000	984	18	9.47	7	0.324
2001	916	20	9.08	6	0.281
2002	949	17	9.58	7	0.319
2003	669	20	7.05	10	0.398
2004	664	13	7.01	8	0.306
2005	598	8	6.62	8	0.288
2006	501	6	6.26	5	0.173

1.1.2 矿区主要开拓方式

开滦矿区矿井总体开拓方式分为两大类型：一是立井多水平阶段石门开拓，各水平之间采用暗立井和暗斜井连接；二是立井、斜井多水平阶段石门或盘区式开拓，各水平之间采用暗立井和主斜井连接。

采用采区前进、区内后退的开采顺序；在倾斜、缓倾斜、水平煤层的采区开采方式以下行式开采为主，但赵各庄矿出于保护层开采需要，林南仓矿、林西矿为解决巷道支护困难，全部或部分煤层采用上行开采；工作面布置均采用走向长壁后退式。采煤工艺有高档普采、综合机械化开采和综合机械化放顶煤开采、炮采、长壁柔性掩护式支架炮采。开滦矿区各矿井开拓方式及生产水平见表 1-3。

表 1-3 开滦矿区各矿井开拓方式及生产水平

矿井名称	2008 年产量/ 10 ⁴ t	2009 年产量/ 10 ⁴ t	开拓方式	当前生产水平
赵各庄矿	166.2	140	主斜井—副立井多水平开拓	-1002 m、-1100 m
林西矿	100	100	立井多水平开拓	-440 ~ -850 m
唐山矿	392.6	410	立井多水平开拓	-500 m、-705 m、-805 m
范各庄矿	450	450	立井多水平开拓	-490 m、-620 m
吕家坨矿	300	300	立井多水平开拓	-600 m、-800 m
荆各庄矿	185.3	130	立井多水平开拓	-375 m、-475 m
林南仓矿	110.3	110	立井多水平开拓	-400 m、-650 m
钱家营矿	570.08	555	立井多水平开拓	-600 m
东欢坨矿	191.6	230	立井多水平开拓	-500 m

1.2 矿区地质条件

1.2.1 矿区地质概况

开滦矿区位于河北省唐山市丰南区、玉田县、丰润县、古冶区及天津市宝坻县、蓟县的交界处,包括开平煤田和蓟玉煤田。矿区北依燕山,南临渤海,地势北高南低,地面海拔高,北部丘陵区海拔为 296 m,南部平原区海拔在 1~60 m 之间。矿区内季节性河流有沙河、石榴河汇入陡河入渤海,辽运河汇入蓟运河入渤海。矿区有京山铁路纵贯东西,北部有京泰铁路横贯全区,公路四通八达,临近港口,交通极为便利。矿区属南温带亚干旱区气候,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥。极端最高气温为 39.6℃,最低气温为 -21℃,年平均气温为 11.1℃,年平均降水量达 650 mm,冻结期为 11 月至次年 3 月,冻土深度为 0.6~0.8 m。常年以东风为主,冬季多为偏北风,最大风速 25 m/s。矿区电源来自京津唐电力网和自备电厂。水源取自奥陶系石灰岩水、冲击层水和河水。

开滦矿区包括开平向斜、车轴山向斜和蓟玉向斜,属石炭二叠系成煤。由于地质构造作用使得矿区断层、褶曲密布,使井巷工程和工作面布置十分困难。煤层倾角变化大,既有缓倾斜煤层,又有倾斜煤层,还有急倾斜甚至倒转煤层。煤层厚度变化大,既有薄煤层,又有中厚煤层,更有厚煤层甚至特厚煤层。可采煤层属近距离煤层群,厚薄相间,压茬关系密切。煤系地层上部为巨厚第四系冲击层,底部为巨厚奥陶系石灰岩,都是强含水层。煤系地层中又有多层砂岩裂隙含水层,矿区水文地质条件复杂。1984 年,曾经发生过特大突水灾害,造成 2 个矿井被淹,3 个矿井受到严重威胁。全矿区矿井平均开采深度已超过 800 m,其中赵各庄矿开采深度已达 1175 m,目前正向 -1200 m 延深,瓦斯、高压水、矿压因素加剧,加之煤层及围岩强度低,井巷支护和工作面维护困难。

1.2.2 区域地质条件

1.2.2.1 矿区煤系及上覆地层

(1) 石炭系中统唐山组:与奥陶系为平行不整合接触,由灰色泥岩、粉砂岩及中细粒砂岩组成,夹 3 层灰岩,含不稳定薄煤 1~4 层,底部为 G 层铝制泥岩,厚约 65 m。

(2) 石炭系上统开平组:以灰色粉砂岩及细砂岩为主,间夹 3 层灰岩,含煤 4~5 层,厚约 65 m。

(3) 石炭系上统赵各庄组:是主要含煤组,为浅灰色中粗粒砂岩、黑灰色粉砂岩、泥岩,间夹绿灰色中厚层沉凝灰岩,含煤 3~5 层,厚约 80 m。

(4) 二叠系下统大苗庄组:是主要含煤组,岩性以灰色粉砂岩为主,间夹细砂岩、泥岩及沉凝灰岩,含煤 4~6 层,厚约 75 m。

(5) 二叠系下统唐家庄组:以灰白色中粗粒砂岩为主,夹粉砂岩及泥岩,下部含 1~2 层煤组,顶部为 A 层铝质泥岩,厚约 220 m。

(6) 二叠系上统古冶组:灰色、灰绿色、紫色粉砂岩、泥岩、中粗粒石英砂岩互层,厚约 400 m。

(7) 二叠系上统汪里组:底部为一层砂砾岩,下部以紫红色粉砂岩为主,间夹中粒砂岩及泥岩,上部以暗紫色板状砂岩为主,厚度大于 800 m。

(8) 新生界第三、第四系:不整合沉积在各时代地层之上,由黄褐色亚黏土、黏土及不同粒度的砂砾卵石交互组成,厚度为 0~1000 m。

1.2.2.2 矿区区域地质构造特征

1) 褶曲构造

开平煤田位于燕山南麓,在大地构造上处于中朝地台(Ⅰ级构造单元)燕山沉降带(Ⅱ级构造单元)的东南侧,主要分布于华北板块东北缘,在华北板块体燕山断褶带南缘的中段,向南与黄骅断陷区相邻,属于燕山旋回所造成的盖层构造——唐山、蓟县陷褶束(凹陷,Ⅲ级构造单元)中的一个复式含煤向斜。其西与京西断褶束(Ⅲ级构造单元)相连,东与山海关台拱(Ⅲ级构造单元)为邻,北部为近东西向展布的古太界变质岩系组成核部的马兰峪巨型复式大背斜,南部伸入了华北断坳(Ⅱ级构造单元)中。

开平向斜是燕山运动以后形成的北东向新华夏构造体系中的一个构造单元,各线型构造均具新华夏构造的特征,岩层走向呈北东向。向斜西北翼岩层倾角陡立,直至倒转,并伴随产生大量的挤压性冲掩断层和次一级的褶曲,断层走向与向斜轴基本一致,落差较大,对井田起着控制作用。断层间伴生着褶曲和各类小断层,构造十分复杂。受青龙山背斜影响,向斜轴东北端发生偏转,呈东西向。向斜东南翼岩层倾角平缓,以褶皱为主,但张性和张扭性断裂也十分发育,呈北西—东南向,与压扭性断裂直交,横切地层走向,地层倾角大于煤层倾角,落差有数米至数十米。

开滦矿区包括开平煤田和蓟玉煤田。开平煤田包括开平复向斜、车轴山向斜、湾道山向斜、西缸窑向斜4个含煤构造区。

(1) 开平复向斜总体轴向为北东 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$,向西南方向倾伏,长约50 km。宽平均约20 km,总面积约 950 km^2 。向斜轴线偏西两翼不对称,西北翼倾角陡立,局部直立或倒转,断层较发育,构造复杂;而东南翼地层平缓,次级小褶曲发育,断层较少,构造较为简单。分布在向斜西北翼的矿井有唐山矿、马家沟矿、赵各庄矿,分布在向斜东部转折端的矿井为唐家庄矿,分布在向斜东南翼的矿井有林西矿、吕家坨矿、范各庄矿、钱家营矿。

(2) 车轴山向斜为一狭长不对称向斜,长约20 km,宽平均约5 km,总面积约 95 km^2 。总体轴向北东 45° ,轴面倾向北西,向斜西北翼陡,在 50° 以上,构造复杂;东南翼缓,为 $0^{\circ}\sim 25^{\circ}$,构造较简单,以断层为主。车轴山向斜为东欢坨矿所在地。

(3) 湾道山向斜轴向为弧形,由北部的北东向转至南部呈北西向,长约5.3 km,宽约3.4 km,向斜边缘地层倾角变陡,中部平坦,且呈波状起伏,北东向正断层或逆断层发育,为荆各庄矿所在地。

(4) 西缸窑向斜长轴近南北向,长约2 km,宽约1 km,西翼地层较陡,且被一近南北向东倾正断层破坏,东翼较缓。该区为地方煤矿开采。

开平煤田岩浆活动相对较轻微,但在东南翼局部地段(吕家坨矿、范各庄矿、钱家营矿)见辉绿岩岩脉、岩床及岩墙,与煤层接触处煤的变质程度增高,对煤层的破坏和变质影响不大。

蓟玉煤田位于宝坻县、蓟县和玉田县交界处,全区被第四系覆盖,煤田总体构造形态为北东向,长30 km,宽13 km。含煤系保存在3个北西向次级向斜之中。自北东至南西依次为林南仓向斜(面积约 22 km^2)、李庄子向斜(面积约 3 km^2)、下仓向斜(面积约 95 km^2),其间隔两个小背斜(即林西背斜和黄土坎背斜)。该区以褶曲为主,且发育北东向和北西向两组断裂。该煤田燕山期岩浆活动较强烈,岩性主要有煌斑岩等,以岩床、

岩脉、岩墙、岩盘和岩盖形式侵入，属浅成侵入体。侵入煤系地层后，使煤层结构复杂化，厚度变薄或全被吞蚀，煤的变质程度急剧增高。林南仓矿处于林南仓向斜中，其他两个向斜目前还没有开发。

2) 断裂构造

开平向斜断裂构造规律性比较明显，在西北翼地层陡倾，以走向逆断层为主，并发育有斜交的扭性断层，断层总体优势走向为北东向或北东东向。如开平向斜的西北翼，地层较陡，据唐山矿、赵各庄矿和马家沟矿断层统计分析显示，开平向斜西翼正、逆断层走向有一定的差异，逆断层主要以北东向为主，断层两侧伴有明显的牵引现象（图 1-1）；而正断层则相对走向多变，但主要两个优势走向为北东向和近南北向。

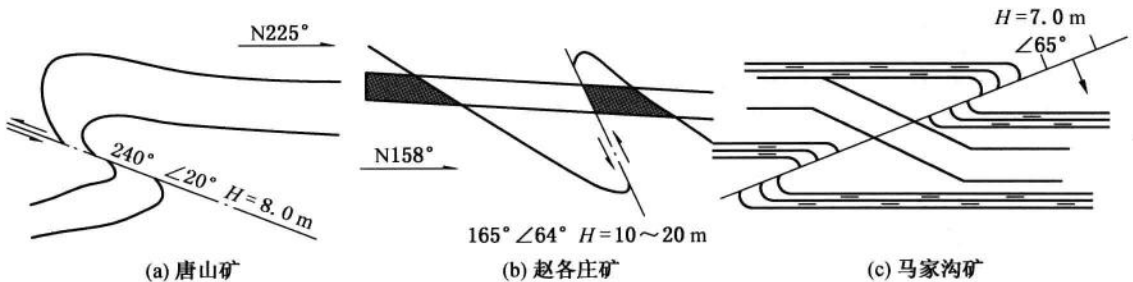


图 1-1 井下构造

逆断层伴生牵引褶皱发育，这是由于断层两侧地层沿断层面运动，受到摩擦阻力致使紧邻断层面的岩层发生明显弧形弯曲而造成的。在开平向斜西翼唐山矿、马家沟矿和赵各庄矿井下逆断层两侧，牵引褶皱发育明显。一般形成的牵引褶皱，其褶皱的枢纽线与断层面平行，一般岩层弯曲凸出的方向与该盘岩石的位移方向近于一致。其形成原因大致有两种：其一是由于岩层在受力变形过程中，先形成挠曲，当超过岩石屈服强度时发生断裂，造成这种构造现象；其二是地层先发生脆性破裂，沿破裂面两侧地层发生位移，地层受阻力而牵引弯曲形成，特别是在逆断层两侧。

开平向斜轴在古冶村附近由北东向转为近东西向，直接原因是由于印支运动前就已经形成一个背斜和 3 个弧形断层（青凉山背斜，井儿峪断层、磨石板断层、白云山断层），向斜轴不能越过“一背三断”，如图 1-2 所示。青凉山背斜向四周倾伏，产状为一椭圆形穹窿构造，3 个弧形断层分布在其南侧，皆为压扭性逆断层，且一致呈弧形向西南方向突出。“一背三断”的存在，使开平煤田统一的应力场在局部发生变化，并且对开平向斜南翼次级褶皱的形成有着直接的影响。

1.2.3 矿区水文地质条件

开滦矿区地处燕山南麓山前冲积平原上，地面标高为 +10 ~ +70 m，北高南低。区域内有陡河与沙河分别流经煤田的西部和东部，年平均降水量为 650 mm。开滦矿区属于第三、第四系松散含水冲击层覆盖下的隐伏煤田，冲击层厚度由开平向斜北翼的赵各庄矿基岩裸露区向西南逐渐加厚，至主向斜南翼的宋家营一带已厚达 800 m。岩性一般在上部主要为细砂，中部为砂层及砂砾层组合，下部为卵石或砾石等组成复合结构。

开滦矿区是一个开发历史悠久的老矿区，根据煤田内沉积的地层时代、岩性组合以及

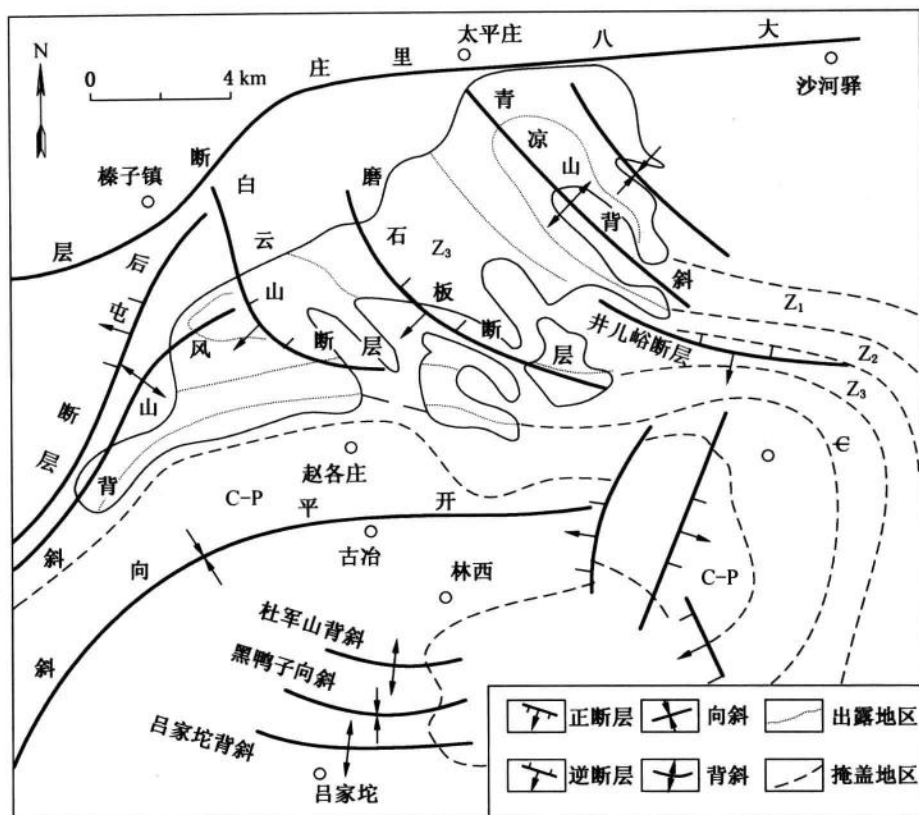


图 1-2 开平向斜转折端构造

含水层的出水空间形态，划分为 3 个主要类型的含水层组。

(1) 新生界松散孔隙含水层（组）：由不同粒度的砂及卵砾石交互组成，富含孔隙水，由北向南逐渐加厚，其间沉积稳定的黏土、亚黏土等成为相对的隔水层。单位涌水量北大南小，北部为 $3 \sim 10 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ ，南部均小于 $1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

(2) 上古生界石炭、二叠系砂岩裂隙含水层组：主要由刚性的砂岩裂隙组成，裂隙发育，导水通畅，其单位涌水量介于 $0.1 \sim 0.7 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 之间。

(3) 下古生界奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层组：在开平、蓟玉煤田沉积了中、下统的马家沟、亮甲山、冶里组地层，最大厚度大于 600 m 。地层浅部溶孔和溶洞发育且伴随有灰岩陷落柱，富含岩溶裂隙水，单位涌水量介于 $0.004 \sim 10 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 之间。水质良好，一般为 $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$ 型淡水，矿化度低于 0.5 g/L ，是工农业的良好供水源，但作为煤系地层的基底，又是威胁矿床开采、由底板充水的强含水层。

开滦矿区含水层具体细分为：第四系底部卵砾石孔隙承压含水层、5 号煤层顶板砂岩裂隙承压含水层、12~14 号煤层砂岩裂隙承压含水层、14 号煤层至 K3 灰岩裂隙承压含水层及煤系沉积基底奥陶石灰岩岩溶承压含水层共 5 个主要含水层。

矿区井田范围内，由于导水断层及呈点状、孤立发育的隐形导水岩陷落柱的存在，奥灰岩溶承压水可以直接进入矿井，成为矿井涌水，危害极大。随着采深的加大（平均

采深已超过 800 m, 最深已达 1175 m), 奥灰水上带压开采问题越来越突出, 与此同时, 煤层顶板(砂岩裂隙水)带压开采问题在开滦矿区具有普遍性, 因此无论从矿井防治水技术上还是从防治水工程上对防止水害事故发生都提出了更高的要求。

隐形导水岩溶陷落柱对矿井生产影响严重, 开滦矿区到目前为止, 已发现岩溶陷落柱 17 个, 其发育高度、大小、导水性等不完全相同, 最大直径超过 100 m, 形状各异, 水平切面上有圆形、椭圆形、肾形等, 在垂直剖面上大都为不规则的串珠状。按其导水性的不同, 可分为完全充水型、边缘充水型、非充水型。对完全充水型导水岩溶陷落柱, 一旦井下采掘工程揭露将会发生大规模的突水事故。如开滦范各庄矿 2171 综采工作面 9 号陷落柱突水时高峰期的平均涌水量为 $2053 \text{ m}^3/\text{min}$, 长期稳定在 $300 \text{ m}^3/\text{min}$ 以上, 仅 21 h 就将一个年产 $300 \times 10^4 \text{ t}$ 、已采 20 年的大型现代化矿井全部淹没, 且危及东四矿, 损失极为惨重。

煤系底部高压奥灰水威胁着矿井安全生产, 开滦矿区是一个具有 130 多年开采历史的老矿区, 平均开采深度已经超过 800 m。尤其是赵各庄矿开采标高已达 -1100 m, 开拓标高已达 -1200 m, 若水位按 -150 m 计算, 生产水平最大水压为 8.52 MPa, 开拓水平最大水压为 10.30 MPa, 而最下一个可采煤层距奥灰水顶界面间距只有 90 ~ 140 m。当采掘工程揭露上下构造就会发生突水事故(或迟到透水), 该矿 1972 年 9 月东 1 石门就曾发生过突水事故, 当时突水量为 $52.7 \text{ m}^3/\text{min}$, 造成矿井东翼全部停产, 直接损失 366 万元。

开滦矿区煤系砂岩裂隙含水层主要分布在 5 号煤层顶板以上 0 ~ 100 m 和 12 ~ 14 号煤层之间, 14 号煤层至 K3 灰岩之间, 对矿井有直接影响的为前两层。其中, 12 ~ 14 号煤层之间砂岩裂隙承压含水层富水性强, 在矿井开采上部煤层时, 随着顶板垮落直接进入矿井, 成为矿井涌水, 严重影响安全高效矿井建设。随着矿井深度的逐渐加深, 煤层顶板的压力越来越大, 对煤层安全开采威胁程度也越来越大, 在开滦矿区目前上部煤层开采顶板水压一般皆在 2.0 ~ 2.7 MPa 之间, 对煤层的开采构成严重威胁。

1.3 煤层与煤质

开滦矿区石炭二叠系总厚为 490 ~ 530 m, 含煤 15 ~ 20 层, 煤层总厚 20 ~ 28 m, 含煤系数为 3.91% ~ 5.57%; 其中 7、8、9、12 号煤层为全区主要可采煤层, 5、6、11、12、14 号煤层为局部可采煤层, 3 号煤层等为不可采煤层。

1.3.1 开滦矿区各煤层赋存情况

开滦矿区各煤层厚度变化及稳定性情况如下:

(1) 5 号煤层: 呈粉末-鳞片状, 以亮煤为主, 夹暗煤条带, 质软, 沥青光泽。一般分 2 层, 上层煤质优于下层煤, 煤中含黄铁矿。煤层厚度 0 ~ 5.02 m, 不稳定, 在唐山矿、赵各庄矿、钱家营矿和范各庄矿为较稳定至稳定可采煤层, 其他矿为不稳定煤层。

(2) 6 号煤层: 煤层厚度为 0 ~ 3.27 m, 极不稳定, 矿区内局部可采。

(3) 7 号煤层: 呈块状或粉末状, 以亮煤为主, 沥青光泽, 间夹镜煤及亮煤条带, 内生裂隙较发育。有时可见 1 ~ 2 层泥岩夹石。煤层厚度为 0 ~ 5.63 m, 较稳定或稳定, 是赵各庄矿、唐家庄矿、林西矿、吕家坨矿、范各庄矿、钱家营矿及东欢坨矿稳定的主要可采煤层。

(4) 8 号煤层: 呈块状, 以亮煤为主, 沥青光泽, 属光亮型煤。煤层厚度 0 ~ 11.5 m,

属稳定可采煤层,除马家沟矿、唐家庄矿及荆各庄矿以外,均为主要可采煤层。

(5) 9-1号煤层:呈碎块状、粉末状,以亮煤、镜煤为主,属光亮型煤,含1~4层泥质夹石。煤层厚度0~13.42 m,为矿区稳定的主要可采煤层,但在马家沟矿和荆各庄矿不可采。

(6) 9-2号煤层:煤层碎,呈块状、粉末状,以亮煤、镜煤为主,属光亮型煤,含1~4层泥质夹石。煤层厚度0.95~8.55 m,在马家沟矿和荆各庄矿为稳定的主要可采煤层。

(7) 11号煤层:呈块状,以亮煤为主,夹暗煤层纹,沥青光泽,属光亮型煤,含层状分布的黄铁矿结核。煤层厚度0.11~11.97 m,大部分在2.0 m以下,林南仓矿煤层厚度较大,为较稳定至稳定的较薄煤层。除唐山矿外,矿区内均可对比,但由于煤层较薄,常变化在可采与不可采之间。

(8) 12号煤层:为一稳定的复合煤层,一般夹石1~3层,全矿区均可采。唐山矿顶底层间距最大达37.4 m;在向斜西北翼由马家沟矿往东至徐家楼矿一带通常分叉成顶底2层;从范各庄矿至钱家营矿一带煤层变厚,构造复杂,在南翼钱家营区域也局部分叉。煤层总厚度1.5~19 m,一般为3~8 m。该煤层在开平煤田西北翼厚而稳定,东南翼薄,构造复杂,南翼厚度变化较大。煤层顶板为腐泥质页岩,为开平煤田主要的标志层。

12-1号煤层:呈层状、粉末状或碎块状,有时可见1~3层炭质页岩夹石,煤层厚度0~9.19 m,一般为1~2 m。矿区内全部可采,大部分区域与12-2号煤层合层,为矿区稳定的主要可采煤层。

12-2号煤层:呈块状,以亮煤、镜煤为主,间夹少量暗煤条带,沥青光泽,内生裂隙发育,分区煤层厚度0~11.58 m,一般为2~5 m,为矿区稳定的主要可采煤层。

12-1/2号煤层:煤层厚度较薄,为0~3.15 m,一般为0.4~1.5 m,区内分布不稳定,大部分区域不可采,仅东欢坨矿及范各庄区域局部可采。

(9) 14号煤层:煤层厚度不稳定,区内分布不均,厚度为0~8.55 m,一般为1.5 m左右,为不稳定的局部可采煤层,林南仓矿和东欢坨矿煤层厚度相对较厚,但由于受奥陶纪石灰岩高压含水层的影响,不能安全开采。

1.3.2 开滦矿区煤质情况

1.3.2.1 开平煤田煤质情况

原煤灰分以5、11、12_下号煤层最低,平均含量小于15%,为低灰煤;以14号煤层为最高,平均含量大于25%,为富灰煤;其余煤层灰分在15%~25%之间,为中灰煤。原煤硫分以6、11、12_下号煤层最高,平均含量为2.5%~4%,为中硫煤;其余煤层平均含量小于1%,为特低硫煤。挥发分含量在开平向斜西北翼比东南翼高,煤类以肥煤为主,其次为气煤和焦煤;车轴山向斜的挥发分含量较高,平均大于40%,煤类以气煤为主。其工业用途主要为炼焦配煤和炼焦用煤,其次为动力用煤。

1.3.2.2 蓟玉煤田煤质情况

由于受火成岩侵入影响,原煤灰分普遍偏高,以8、9号煤层为最高,平均含量大于25%,为富灰煤;其余煤层平均含量为15%~25%,均属中灰煤。硫分含量以12_下、14号煤层为最高,平均含量为1.5%~2.5%,为中硫煤;其余煤层硫分含量平均值小于1%,为特低硫煤。其挥发分由于受火成岩侵入的影响而变化较大,林南仓矿区平均含量

大于 40%，以气煤为主；大高庄井田平均含量为 30% ~ 40%，以肥煤和 1/3 焦煤为主，局部为无烟煤；北谭区含量从小于 10% 到大于 40% 均有，煤类从气煤、肥煤到无烟煤，且无规律性；下仓及大杨庄区挥发分为 3.58% ~ 48.67%，烟煤类及无烟煤类呈区域性分布。其工业用途主要为配焦及化肥、化工原料用煤、动力用煤等。

1.3.3 开滦矿区开采技术条件

1.3.3.1 第四系地质特征

开滦矿区为新生界全掩盖区。开平煤田厚度为 0 ~ 1000 m，自北向南加厚，由砂层、黏土层及卵砾石交互组成。蓟玉煤田林南仓矿及李庄子向斜厚度为 140 ~ 430 m，下仓向斜工部断层以北厚 80 ~ 330 m，多为黏土、粉砂及砂层互层出现；工部断层以南厚度急剧加厚，为 700 ~ 1000 m，以黏土、砂土、砂层为主，下部夹有 2 ~ 3 层中厚层卵砾石层。

1.3.3.2 煤层顶底板特征

开滦矿区所有可采煤层的顶底板均由粉砂岩及泥岩组成，个别为中粒砂岩和灰岩，8、9、12 号煤层在局部地区为易风化的沉凝灰岩，岩性一般均为较致密坚硬，岩石吸水性较强，松软易碎，巷道维护困难。

煤层顶底板力学性质：开平煤田抗压强度为 63 ~ 86.5 Pa，抗剪强度为 240 ~ 584 Pa；蓟玉煤田抗压强度为 200 ~ 700 Pa，抗剪强度为 41 ~ 69 Pa。

1.3.3.3 瓦斯、煤尘、煤的自燃及地温

(1) 瓦斯：开平煤田各矿的瓦斯涌出量和涌出形式不一。赵各庄矿为突出矿井，唐山矿为高瓦斯矿井，其他各矿均为低瓦斯矿井。

(2) 煤尘：全区可采煤层煤尘爆炸指数介于 21.66% ~ 55.53% 之间，均属有煤尘爆炸危险性。

(3) 煤的自燃：矿区内可采煤层属易自燃到自燃，发火期为 2 ~ 12 个月。

(4) 地温：矿区内地温梯度一般均小于 3 °C/hm，钱家营矿局部出现高温异常区。

2 开滦矿区瓦斯赋存规律与特点

开滦矿区主要由开平向斜、湾道山向斜、车轴山向斜、蓟玉复式向斜 4 个构造单元组成, 总面积约 760 km²。主要含煤地层属石炭纪和二叠纪, 区内含煤 19 层, 煤层总厚度 17 m 以上, 其中可采和局部可采煤层 5~9 层, 总厚度在 12~16 m。矿区全部被第四系冲积层所覆盖, 沉积厚度在 0~800 m 以上。开滦矿区以开平向斜为主体, 该向斜是开滦矿区煤炭的主要开发区, 目前共有 9 个矿井分布于其中, 矿井分布于向斜两翼, 已有百年以上的开采历史。向斜总体走向为北 45°东, 向斜西北翼地层陡立, 局部直立或倒转, 并伴随产生大量的挤压性的冲掩断层和次一级的褶曲。向斜东南翼地层倾角平缓, 一般小于 20°~40°, 构造相对比较简单, 以褶皱为主, 断层不甚发育, 多斜交地层走向或发育在次级褶皱的轴部附近。

煤与瓦斯突出是开滦矿区的主要灾害之一, 严重威胁着矿区的安全生产, 赵各庄矿、马家沟矿属于煤与瓦斯突出矿井, 唐山矿为高瓦斯矿井, 历史上曾多次发生重大爆炸和突出事故, 对人身安全影响极大。为了查清矿区瓦斯赋存及其分布规律, 结合生产实际, 从矿区地质构造情况、煤层赋存状况、煤质煤岩特征、矿井涌水量与生产中瓦斯涌出情况等来分析探讨矿区的瓦斯赋存及分布规律, 更好地指导矿井安全生产。

2.1 矿区煤质与瓦斯赋存关系

2.1.1 煤质类型与矿井瓦斯

开滦矿区 4 个含煤构造中主要煤种为肥煤和气煤, 肥煤储量占矿区储量的 58.4%, 气煤储量占矿区储量的 29.4%; 另外有部分焦煤占矿区储量的 12.2%。在开平向斜中, 焦煤主要分布于向斜的西北翼, 如唐山矿、马家沟矿; 肥煤主要分布于向斜的东南翼, 如林西矿、范各庄矿、吕家坨矿、钱家营矿等。位于湾道山向斜的荆各庄矿、位于车轴山向斜的东欢坨矿和位于蓟玉复式向斜的林南仓矿全为气煤类, 均为低瓦斯矿井。2004 年开滦矿区煤种分布与瓦斯涌出情况见表 2-1。

表 2-1 2004 年开滦矿区煤种分布与瓦斯涌出量情况

构造区域		矿井名称	煤质类型	相对瓦斯涌出量/ (m ³ · t ⁻¹)	绝对瓦斯涌出量/ (m ³ · min ⁻¹)
开平向斜	西北翼	赵各庄矿	肥煤	5.78	24.95
		唐山矿	1/3 焦煤	6.13	58.37
		马家沟矿	肥煤	43.58	39.43
	向斜端部	唐家庄矿	肥煤	4.18	
	东南翼	林西矿	肥煤-焦煤	4.239	9.767

表 2-1 (续)

构造区域		矿井名称	煤质类型	相对瓦斯涌出量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	绝对瓦斯涌出量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)
开平向斜	东南翼	范各庄矿	肥煤	0.143	1.29
		吕家坨矿	肥煤	3.262	14.056
		钱家营矿	肥煤	1.283	12.402
湾道山向斜		荆各庄矿	气煤	0.066	0.285
车轴山向斜		东欢坨矿	气煤	0.142	0.211
蓟玉复式向斜		林南仓矿	气煤	2.0256	4.22

从数据统计看,开滦矿区内煤质与煤层相对瓦斯涌出量的关系不明显。但相对而言,肥煤和焦煤区域的瓦斯涌出量比气煤区域的要大,这与煤的变质程度有关,变质程度越高,瓦斯的吸附容量越大。开平向斜深部区域,煤的变质程度增高,因而煤层瓦斯含量也会增加。

2.1.2 煤的挥发分与瓦斯涌出量之间的关系

开滦矿区煤的挥发分与相对瓦斯涌出量之间的关系如图 2-1 所示,矿区各矿井分煤层煤质与瓦斯涌出量情况见表 2-2。

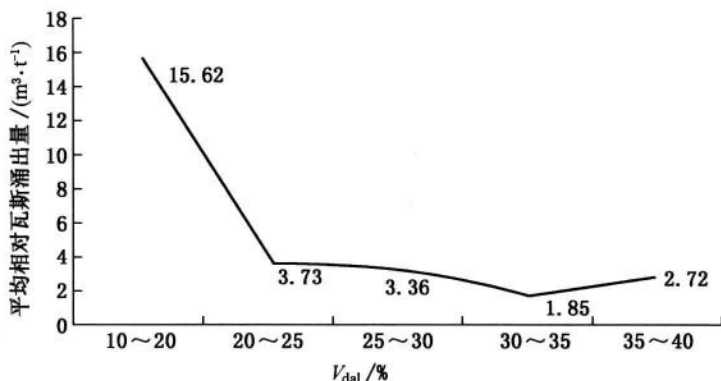


图 2-1 开滦矿区煤的挥发分与相对瓦斯涌出量之间的关系

表 2-2 开滦矿区各矿井分煤层煤质与瓦斯涌出量情况

矿井	煤层	挥发分/%	平均相对瓦斯涌出量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	平均绝对瓦斯涌出量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	矿井	煤层	挥发分/%	平均相对瓦斯涌出量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	平均绝对瓦斯涌出量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)
赵各庄矿	9号	35.98	6.095	2.319	林西矿	7号	18.365	2.62	1.652
	12-1号	35.49	3.55	0.43		9号	20.52	0.95	0.44
	12-2号	28.74	1.2	0.396		12-1号	19.36	1.50	0.634