

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

华东一个煤田煤的接触变质与天然焦

王东爵、吴丰州

(安徽省地质局 325 地质队)

一、引言

煤的接触变质作用,能够使一个大型煤田的煤质从气煤经历肥煤、焦煤、瘦煤、贫煤、无烟煤在短距离内达到天然焦,从而构成由低变质到高变质的带状分布(图1、2)。

火成岩对煤田讲,有他不利的一面,同时也有他有利的一面。岩浆的热液对煤的变质作用,除去吞噬了部分煤层以及使煤层结构变复杂而外,还有它的积极意义。因为能在一个大型煤田之内,使数亿吨的气煤变质成为主焦煤、瘦煤和天然焦。在自然界构成了完整的配焦煤系统,这是一个了不起的变化。

笔者通过多年的野外地质观察,室内整理,发现煤质的变化,除受区域变质影响而外,在某些地区还受火成岩活动的控制,对 ZH 煤田已开采的八对矿井进行巷道调查,与钻孔所见完全一致。因此提出了本区煤层接触变质的分带模式。由于水平不高,不免有不当之处,请批评指正。在编写过程中,我队地质科综合组、化验室、绘图组大力支持,矿务局地测处协助巷道观测,特致谢意。

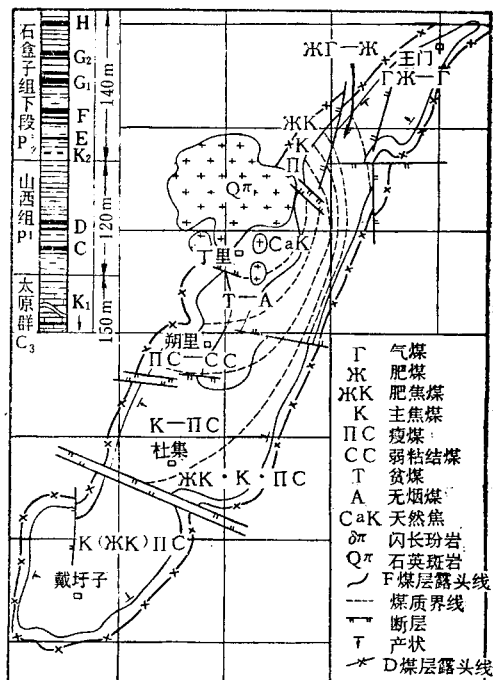


图 1 ZH 煤田煤质带状分布图

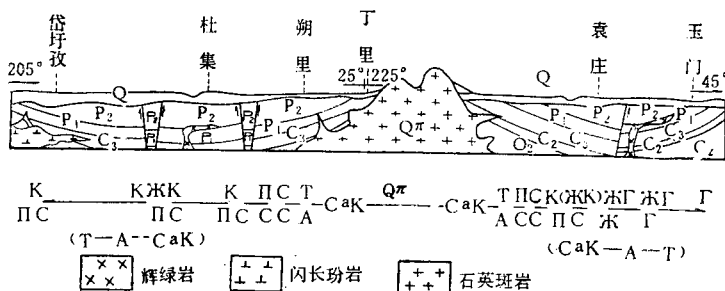


图 2 火成岩与煤的变质程度关系图

Q—第四系; P₂—石盆子组; P₁—山西组; C₃—太原群; C₂—本溪群; O₂—马家沟组; Γ—气煤; ЖΓ—肥气煤; ЖК—肥煤; К—焦煤; ПС—瘦煤; СС—弱粘结煤; F—贫煤; A—无烟煤; CaK—天然焦

二、煤系及煤层

ZH 煤田, 煤系为石炭系太原群、二叠系山西组及石盒子组。其中二叠系共含煤 6 组 13 层。由下而上命名为 C、D、E、F、G、H 组(层)

二叠系下统山西组(P_1):

厚 120 米, 按岩性特点分为四段。下部为灰色及深灰色薄层细砂岩、砂质页岩和黑色页岩互层。中部为含煤段, 以黑色薄层砂质页岩、页岩为主, 含煤 C、D 两组。

C 煤组: 不稳定, 0—4 米。

D 煤组: 分为 D_1 与 D_2 两个煤层, 其中 D_2 稳定, 厚 0.6—3.5 米。

上部为浅灰色, 灰白色厚层中粒砂岩, 厚者有时可达 37 米, 砂岩内局部夹砂质页岩。顶部为灰色, 黑色页岩, 含紫色斑状团块。

二叠系上统石盒子组(P_2):

厚 350 米。本组分上下二段, 即 P_2^1 与 P_2^2 。可采煤层集中在下段。下段厚 110 米, 以灰色, 黑色薄层细到中粒砂岩、砂质页岩、炭质页岩和煤层组成。石盒子组底部有一层灰白色铝土页岩, 大面积内稳定, 是良好的标志。为便于对比, 通常都以此层铝土页岩作为 P_1 与 P_2 的界线, 命名为 (K_2)。石盒子组含煤层较多, 分述如下:

E 煤层: 0—0.4 米, 不稳定, 仅南部有沉积, 在 K_2 之上 4—10 米。

F 煤组: 在煤田南部为一层, 厚 0.6—3.5 米, 最大厚度 8 米, 结构复杂。北部分叉为 F_1 、 F_2 、 F_3 , 其中以 F_3 较稳定, 大面积可采, 厚 0.6—5.2 米, 在 K_2 之上 10—20 米。

G 煤层: 在本区稳定。煤田南部为 G_1 、 G_2 两层, 层间距离 0.2—3 米; 煤田北部分叉较多。

G_1^1 厚 0.4—0.78 米, 不大稳定, 顶底板为页岩。

G_1^2 厚 0.4—3.6 米, 较稳定, 与 G_1^1 之间为一层黑色粗砂岩。

G_1^3 厚 0—1.5 米, 不稳定, 局部地段可采。

G_2^2 厚 1—4.2 米, 稳定, 分布普遍, 结构复杂。

H 煤层: 厚 0—0.6 米, 不稳定, 局部可采。

三、火 成 岩

矿区所见的火成岩有石英斑岩, 闪长玢岩和辉绿岩三种。除丁里村附近有石英斑岩呈岩株出露 (30 平方公里) 而外, 其他均呈岩床、岩墙、岩脉侵入石炭二叠系煤层中。

(一) 岩性特征

1. 石英斑岩: 灰白色、淡黄色, 风化后呈米黄色。具明显的斑状结构。斑晶以石英为主, 有时为长石。斑晶约 1—3 mm。

显微镜下观察, 斑状结构, 石英斑晶为浑圆状半浑圆状之他形晶。斜长石及钠长石斑晶为条带状他形晶至半自形晶。基质: 隐晶至微晶花岗结构, 矿物成分有斜长石、钾长石、石英、绢云母及星点状散布的少量黄铁矿及铁质等。

2. 闪长玢岩: 灰白色至灰绿色, 具斑状结构。斑晶为长石及角闪石, 基质较细。

显微镜下观察: 斑状结构, 中性长石呈斑状晶, 半自形长条状至板状。角闪石呈自形晶。基质: 有斜长石、角闪石、石英、绢云母。

3. 辉绿岩: 灰绿色、灰黑色, 一般不显斑晶。蚀变后可见残余辉绿结构和长条形晶体组成的交织状结构。

显微镜下观察: 辉绿结构及嵌晶含长结构, 拉长石呈长条状他形至半自形晶。蚀变残留长石

斑晶则呈假象出现。基质呈交织状结构

(二) 分布规律及侵入层位

石英斑岩在丁里附近为岩株并出露地表。周围 5—10 公里范围内, 尚有岩墙, 岩床, 岩脉侵入石炭二叠系。岩株产出在东北侧较陡, 西南及东南较缓(图 2)。

闪长玢岩、辉绿岩, 地表无出露。多呈岩墙, 岩床, 岩脉侵入。煤系中, 由于煤层及顶底板之间的物理化学性质方面有较大差异, 受后期构造运动影响, 层间裂隙发育, 岩浆岩多沿煤层侵入。从勘探线剖面及矿井巷道观测, 厚度一般 0.2—3 米, 个别地段可达 15 米。厚度较大者, 吞掉煤层后代替其层位。闪长玢岩及辉绿岩在矿区南部及北部均有分布。

侵入形式有(A)水平侵入, (B)波状侵入, (C)网脉侵入, D)斜切侵入, (E)楔形侵入, (F)垂直侵入(图 3)。

(三) 岩浆岩的化学成分

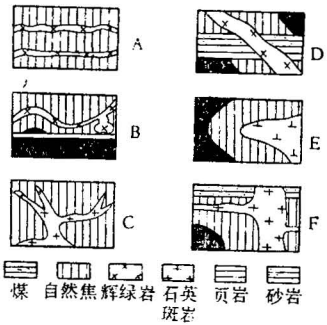


图 3 火成岩侵入煤层产状图

表 1 ZH煤田及外围侵入岩岩石化学成分

岩石名称 含量 (%) 化学成分	丁 里	三 卜	ZH	邹 柚	前 常	ZH	中 国
	石英斑岩	闪长玢岩	闪长玢岩	闪 长 岩	辉 绿 岩	辉 绿 岩	闪 长 岩
SiO ₂	75.68	59.16	65.23	61.14	49.12	48.79	57.39
TiO ₂	0.09	0.539	0.41	0.49	0.97	1.05	0.89
Al ₂ O ₃	13.18	14.68	15.08	15.75	16.11	15.03	16.42
Fe ₂ O ₃	0.42	1.97	1.76	3.41	5.90	8.63	3.10
FeO	0.26	2.19	0.71	1.89	5.00	6.69	4.15
MnO	0.013	0.06	0.03	0.08	0.10	0.15	0.18
MgO	0.11	4.47	2.68	2.72	7.34	5.27	3.77
CaO	0.3	6.50	3.09	6.13	7.29	6.80	5.58
Na ₂ O	4.46	4.54	8.80	5.48	4.59	2.35	4.26
K ₂ O	4.32	3.44	0.82	0.35	0.77	0.86	2.57
P ₂ O ₅			0.09			0.05	0.79

四、煤的接触变质

(一) 接触变质后, 物理化学及工艺性能的变化

在接触变质过程中, 煤的元素成分, 物理特性, 煤岩特征, 工艺性能均发生一系列的变化。这种变化的原因, 是在煤层处于天然封闭环境中, 火成岩呈岩床或岩墙侵入的结果。在岩浆的高温热液影响下, 发生了焦化作用, 从而产生天然焦炭。现分述如下:

1. 物理性质的变化

当煤受到接触交代或烘烤后, 颜色变浅, 光泽增强, 比重变大, 煤的原始结构被破坏, 多呈块状, 甚至节理发育, 呈六方柱。详见表 2

2. 煤岩特征的变化

从显微镜下观察, 煤层未受火成岩影响前, 其中各种组分的界限十分明显, 并具有明显的原始条带。受到火成岩的接触交代或烘烤后, 原始条带发生弯曲, 并产生了混乱状结构。

表 2 各类煤层物理性质特征表

物理性质	CaK—Ⅲ	CaK—Ⅱ	CaK—Ⅰ	A—T	ΠC—K	Ж—Γ
比重	1.7—1.9	1.55—1.7	1.45—1.6	1.35—1.5	1.3—1.4	1.25—1.35
硬度	6—7	4—6	3—5	2—3	2	2
颜色	深灰	深灰黑	钢灰黑	灰黑	黑色（光亮）	黑
结构	致密块状	块状	块状	条带状不明显	较差的条带状	层理清楚
构造	柱状节理	细小气孔	有气孔			
光泽			金属光泽	似金属光泽	玻璃光泽	沥青光泽

未受烘烤的原煤，凝胶化基质呈均一状。孢子、角质层、树皮等原结构非常规整和清楚，而烘烤后上述现象消失，产生了大量气孔，呈蜂窝状构造，完全改变了原来面目，破坏了原始形态。

煤中矿物杂质分原生与后生两种。原生的粘土矿物呈层状和凸镜状条带分布。受火成岩的热液影响后，不仅原始结构消失，而且被后期方解石脉网状穿插。

受烘烤轻微的天然焦，有较大而又稀疏的气孔，随变质程度的增高，有时呈小而致密块状。

3. 化学性质与工艺性能的变化

从下述分析结果中可以看出 CaO、MgO、Fe₂O₃ 的含量均随变质程度的增高而显著增加，远离火成岩体的煤层，钙、镁、铁的含量逐渐渐少而接近正常，说明钙、镁、铁的增加是由辉绿岩引起的，详见（表 3—表 5）。在煤层中铁的含量是很少的。一般为 2—4%，矿井内之接触带的

表 3—A 三矿三采区煤层接触变质后化学成分变化表

样号	名 称	代 号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	NaO	P ₂ O ₅
0	辉绿岩	B	45.36	1.00	15.52	11.78			5.86	7.31	0.72	3.19	
1	二级焦	CaK-Ⅱ	49.38	1.50	30.49	5.41			3.99	1.32	4.33	1.56	
2	一级焦	CaK-Ⅰ	49.36	1.80	36.56	4.37			1.96	1.94	2.45	0.61	
3	无烟煤	A	48.52	2.20	37.40	2.03			0.82	0.30	1.56	0.69	
4	贫 煤	T	46.62	1.62	37.54	2.62			0.91	0.95	1.12	0.55	
5	瘦 煤	ΠC	45.48	1.60	38.43	5.40			1.22	1.89	0.93	0.66	
6	瘦焦煤	ΠCK	46.26	1.60	38.65	2.72			0.70	0.46	1.07	0.83	

表 3—B 三矿三采区煤层接触变质后工艺性能变化表

样号	名 称	代 号	工 业 分 析			胶 质 层 测 定				粘结性
			W ^a	A ^c	V ^r	X	Y	曲线型式	裂纹特征	
0	辉绿岩	B	1.22							
1	二级焦	CaK-Ⅱ	1.22	27.51	5.59	—	—	—	—	0
2	一级焦	CaK-Ⅰ	1.76	17.17	5.21	—	0	—	—	0
3	无烟煤	A	1.60	6.08	10.21	8.0	0	平滑下降	疏松	1
4	贫 煤	T	1.62	5.45	10.36	3.0	0	平滑下降	疏松	1
5	瘦 煤	ΠC	1.07	7.29	19.34	19.0	5.0	平滑下降	熔合	3
6	瘦焦煤	ΠCK	1.03	7.14	20.28	11.0	10.0	微波	无缝隙	4
7	焦 煤	K	0.97	7.44	22.02	7.5	13.0	小之字	无缝隙	6

天然焦，采样化验结果为 11%； Al_2O_3 则呈反方向变化，接近辉绿岩的天然焦较低，远离岩体时就逐渐增加。在煤层中 Al_2O_3 的含量一般为 35—39%，而天然焦为 18—35%，其变化情况如(图 4 及表 3)。

(1) 从化学成分变化看，除铁、钙、镁外， SiO_2 的变化也比较明显。

SiO_2 的含量在闪长玢岩未蚀变之前为 55—65%，与全国各地的数字基本一致，而与煤层接触后，则明显下降。这些丢失的 SiO_2 进入了煤层。本煤田未受接触变质之前，在气煤至肥煤阶段， SiO_2 含量为 42%，变成天然焦后为 46%—50%，个别地段的天然焦高达 55%，有时甚至更高。这充分说明是闪长玢岩交代煤层所产生的结果。即甲方丢失，乙方吸收。

(2) 工艺性能变化更是突出

挥发份(V^r) 随着变质程度的增高而降低。在气煤阶段， $V^r=29-44\%$ (表 6)，到无烟煤阶段 V^r 最低时为 3%，这说明煤层接触火成岩后，挥发份因受热而散失。

为了弄清挥发份的变化情况，我们对八九井田的勘探报告进行研究辉绿岩侵入 G 煤层之后，煤层的挥发份(V^r) 等值线变化特殊。在接触带挥发份很低，而且曲线梯度大，随着岩体远离，(V^r) 逐渐增高 (图 5)。

发热量(Q_b^r)，在接触变质的煤层中，变化情况象一个抛物线形。在气煤阶段， $Q_b^r=6020-8100$ 大卡/公斤；主焦煤阶段， $Q_b^r=8200-8800$ 大卡/公斤；无烟煤阶段， $Q_b^r=7760$ 大卡/公斤；

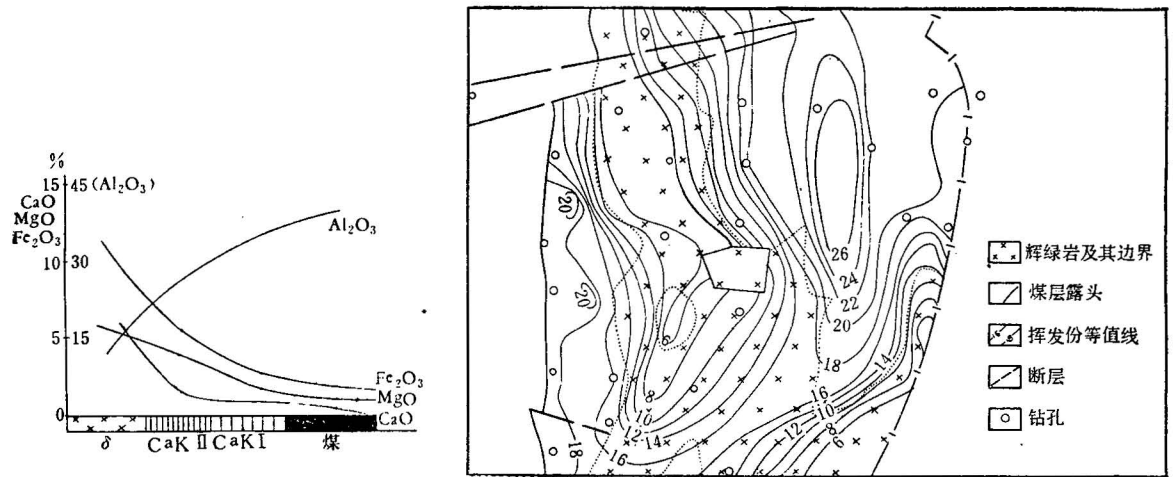


图 4 接触带 Fe, Mg, Ca, Al 含量变化图

图 5 五八井田 G₂ 煤层挥发份等值线图

表 4—A 四矿三采区煤层接触变质后化学成分变化表

样号	名 称	代 号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O
12	辉绿岩	B ₁	53.14	0.76	13.60	7.48	5.65	0.11	8.16	6.40	0.48	2.37
13	蚀变辉绿岩	B ₂	48.74	0.79	13.31	7.00	6.06	0.20	4.28	7.11	1.14	2.17
14	三级焦	CaK III	41.48	1.69	30.56	3.75	1.95	0.06	1.43	3.50	1.96	0.67
15	二级焦	CaK II	47.60	1.59	36.65	3.35	1.47	0.00	1.26	1.78	2.42	0.86
16	一级焦	CaK I	47.80	1.25	36.69	5.01	1.35	0.04	1.30	0.99	2.68	0.64
17	无烟煤	A	41.84	1.97	33.31	3.05	0.65	0.01	1.50	0.47	1.38	0.44

表 4—B 四矿三采区煤层接触变质后工艺性能变化表

样号	名 称	代 号	工 业 分 析					胶质层测定			粘结性	发热量大卡/公斤
			W	A	V	S	P	X	Y	曲 线 型		Q
13	蚀变辉绿岩	B ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	三级焦	CaK Ⅲ	4.23	31.83	5.63	0.20	0.019	1.5	—	平滑下降	0	50.73
15	二级焦	CaK Ⅱ	5.83	16.37	3.92	0.25	0.021	2	—	平滑下降	0	64.27
16	一级焦	CaK Ⅰ	5.99	15.73	3.91	0.34	0.031	2	0	平滑下降	0	64.93
17	无烟煤	A	1.73	15.01	15.95	0.43	0.005	14	0	平滑下降	1	70.30

表 5—A 三矿—150米水平煤层接触变质后化学成分变化表

样号	名 称	代 号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O
19	蚀变闪长玢岩	δπ	48.78	1.41	17.50	8.60	7.05	0.10	3.52	3.60	1.42	2.04
20	三级焦	CaK Ⅳ	51.01	1.47	34.50	3.15	0.75	0.12	1.66	1.05	4.56	0.57
21	二级焦	CaK Ⅱ	46.97	1.68	32.60	5.50	1.05	0.04	2.45	1.84	4.14	0.52
22	一级焦	CaK Ⅰ	45.65	1.27	33.60	5.50	1.03	0.07	2.21	2.11	2.86	0.61
23	无烟煤	A	46.61	1.50	35.42	6.20	1.01	0.02	1.55	0.96	2.20	0.57

表 5—B 三矿—150米水平煤层接触变质后工艺性能变化表

样号	名 称	代 号	工 业 分 析			胶 质 层 测 定			粘结性	发 热 量
			W ^a	A ^c	V ^r	X	Y	曲 线 型		Q大卡/公斤
19	蚀变闪长玢岩	δπ	—	—	—	—	—	—	—	—
20	三级焦	CaK Ⅲ	2.55	29.37	4.17	0	—	平滑下降	1	5399
21	二级焦	CaK Ⅱ	2.80	16.35	3.40	2	—	平滑下降	1	6631
22	一级焦	CaK Ⅰ	3.87	13.34	6.16	4	—	平滑下降	1	7017
23	无烟煤	A	2.90	14.67	10.14	9	—	平滑下降		7058

表 6 ZH煤田煤层接触变质前后工艺性能对比表

项 目 煤 质	工 业 分 析			胶 质 层 测 定			粘结性	发 热 量
	W ^a	A ^c	V ^r	Ym/m	曲 线 型 式	裂纹特征		Q _d 大卡/公斤
Γ	1.31—3.06	4.6—38.8	29.9—44.1	8/26	山字—微波型	多而密缝隙	6—7	6002—8170
Ж	1.63—2.04	14.5—34.5	18.2—30.5	25—33.5	之字—波型	多缝隙	6	7362—8400
К	0.52—1.62	7.16—39.86	15.8—34.0	8—24	小之—微波型	少缝隙	5—6	8247—8822
ΠC	0.67—1.52	5.3—40.0	14.5—20.68	6—12.5	微波—平滑急降	少缝隙	3—4	8600—8770
T-A	0.36—3.36	5.5—53.1	5.0—19.7	0	平滑急降—平滑下降	无缝隙	02	7046—8280
CaK Ⅰ	0.84—2.68	5.1—46.3	6.5—14.9	—	平滑下降	—	0	6700—8000
CaK Ⅱ	1.37—3.90	14.75—50.0	6.2—8.4	—	平滑下降	—	0	5000—7000
人工焦	2.00—3.20	13.3	0.85—1.50	—	—	—		6945—7500

到二级天然焦时， $Q_F^r=5500$ 大卡/公斤。

胶质层厚度(Y)，随着变质程度的增高而潮相反的方向发展。在气煤阶段 $Y=8-25\text{m/m}$ ，接触变质后，从气煤到火成岩方向采样化验，胶质层厚度逐渐降低，气肥阶段 $Y=25-33.5\text{m/m}$ ，主焦煤阶段 $Y=8-24\text{m/m}$ ，瘦煤阶段 $Y=8-12.5\text{m/m}$ ，无烟煤阶段 $Y=0$ ，天然焦时 $Y=0$ 。

(3) 元素分析结果，在同一煤层受火成岩影响后，碳的含量随变质程度的升高而呈正比的形式变化。气煤阶段 $C^r=74\%$ ，到天然焦则高于 95%。氢、氧、氮三元素的变化则成反比(表7)。

表 7 煤层接触变质元素变化表

煤 类	元 素 分 析			
	$C^r\%$	$H^r\%$	$O^r\%$	$N^r\%$
Γ	74—82	5—7	9—15	1—2
$\mathbb{M}$	80—85	5—6	5—13	1—2
K	83—89	4—5	3—8	1—2
ΠC	88—90	4—5	1—4	1—2
Γ	89—92	3—4	1—3	1—2
A	92—95	2—4	1	1—2
CaK	>95	0—1	0	0

(二) 岩浆侵入后产生的煤质分带

对于一个煤层来讲，不仅有垂直分带现象，而且水平分带也十分明显。在八、九井田接触处，有一支辉绿岩呈岩床侵入G煤层，在接触处煤质为天然焦。其周围由近而远，煤质的变质程度逐渐降低(图6)。此种情况在煤田之内有普遍意义。如果岩脉分叉合并，或者两支岩脉交叉时，就破坏了上述规律。

生产巷道所见煤层的垂直分带及水平分带十分明显。在四矿第三采煤巷道，观察到闪长玢岩岩床呈波状侵入。结果煤质也随闪长玢岩的产状波浪式变化(图7、8)。在三矿的矿井内，也有同样情况。紧接岩床下部的煤层，变成天然焦，再下为无烟煤、瘦煤、焦煤……。

在巷道所见的火成岩，有时互不连接，好象锅底，且大小不一，天然焦也随着火成岩一疙瘩，一疙瘩的出现(图7、9)。

在六矿井内，遇辉绿岩岩墙。岩墙厚 6.5 米，与煤层接触处有 5.2 米

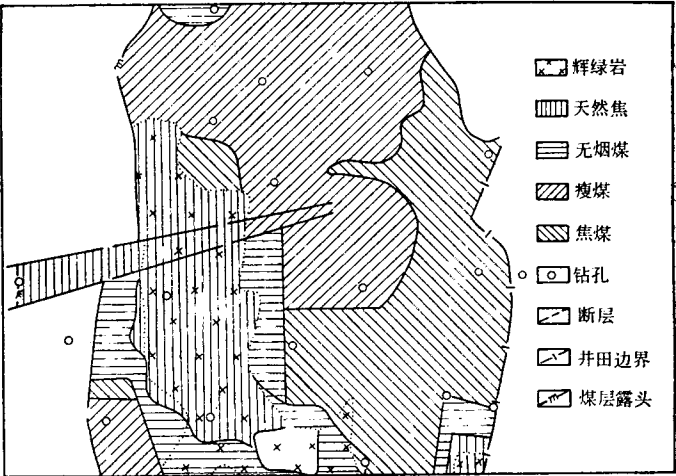


图 6 八九井田C₂煤类分布与火成岩关系图

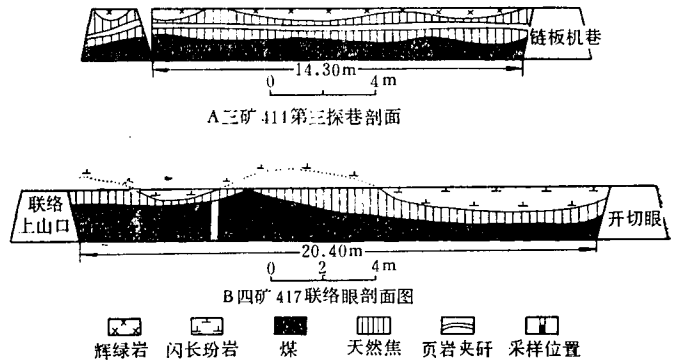


图 7 岩床与煤层关系图

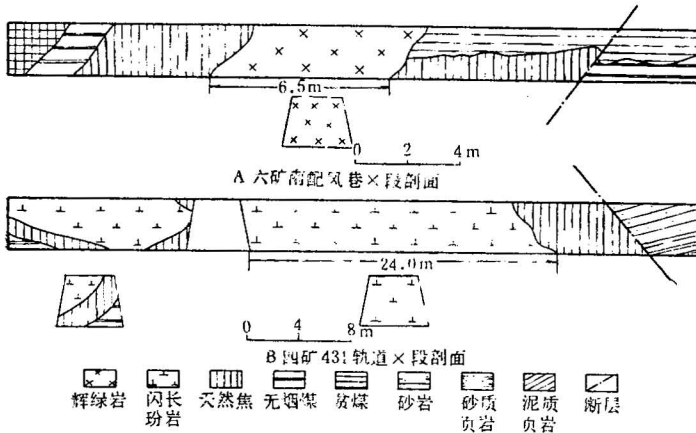


图8 岩墙与煤层接触关系图

天然焦。由近而远有1.9米无烟煤，3米贫煤。

在我队勘探过程中，和已开采矿井巷道之内，则见到岩墙常侵入煤系中。较多的资料表明，岩墙的产状与断层的产状几乎一致（图8）。在巷道内还可以看到互不连接的火成岩“岩球”，而在巷道的顶底板打反井时，也未见到岩床。这种类型较特殊，原因是火成岩呈手掌状，而球体则如掌上的手指而已（图9），而各指之间全部为天然焦，最后形成了包有小球体的天然焦。

然焦。

在巷道中岩床斜切侵入煤层之后，煤质则沿倾斜方向变化。三矿三采区轨道上山，详细采样化验结果，完全证实了煤质沿倾斜方向有明显的分带。这种分带与火成岩产状有密切关系（图1）。从这些煤质看，分带是逐渐过渡的，而且是连续、完正的，CaK—A—T—ΠC—K—ЖК。这种分带现象常被人忽视。矿区地质工作者也不大注意。往往由于采煤样品的距离过大而造成了煤质评价的误差，甚至有时造成错误。

从钻孔所获得的资料，同样明显地表示出火成岩上部的煤层变质程度高于下部的煤层（图11）。如B₄₅占孔中，15米厚的闪长岩侵入G₂煤层，其下部有0.73米天然焦，再向下15米处的F煤层仍然是主焦煤。而在B₅₆占孔中，18.5米的闪长岩，影响范围高于B₄₅在闪长岩之上22米处仍为贫煤，显然火成岩以上的煤层受烘烤严重。

直接侵入煤层时，亦是如此（图11）。在309钻孔中，厚0.87米的辉绿岩侵入煤层后，上部天然焦厚0.62米，无烟煤0.93米，其下部天然焦0.56米，焦瘦煤1.01米。

侵入体岩性相同，厚度不同，则影响范围也不一样，如343孔，辉绿岩1.05米，其下部0.99米天然焦，4.83米贫煤，再下即焦煤。很薄的岩脉影响是小的。在L15孔，辉绿岩厚0.2米，其下部0.1米为天然焦，紧接着下部就是气煤。从D15孔与L15孔说明了岩脉较之岩床影响小。但必须指出，岩脉多条出现时其影响范围也很大。A15孔有两条厚度0.12米和0.13米的岩脉，其周围的煤层变成无烟煤。

（三）接触变质的控制因素

ZH煤田的煤层，在未受接触变质前的煤质为气煤，受到岩浆侵入影响后，形成了焦煤、无烟煤和天然焦。上述煤质的变化是有规律可循的：①侵入体的大小与厚度，直接影响到变质的幅度和范围。如果岩床在0.25米以下者，影响范围就小；②侵入体的产出部位更重要。若在煤层上部或顶部，对煤层影响就小；如侵入到煤层中或下部则影响范围广；③丁里石英斑岩呈岩株，侵入到煤田中部，地面出露30平方公里。靠近岩株者为天然焦，远离岩株时，变质程度依次降低，因而构成变质带，长达数公里。这个变质带的宽度与长度，并不完全对称。由于丁里石英斑岩岩株产于ZH煤田（向斜盆地）中部边缘，因而这个带实际上呈弧形条带；④侵入体岩性不同，其影响范围也不同。本煤田石英斑岩的影响范围大，次为闪长岩和辉绿岩。ZH煤田南部缺气煤与肥煤。查其原因在于煤田南部深部有较大的隐伏闪长岩体存在；⑤侵入体的产状决定了变质带的形状。如辉绿岩为岩床，则变质带呈水平状及缓波状。如呈岩墙时，变质带则直立。如

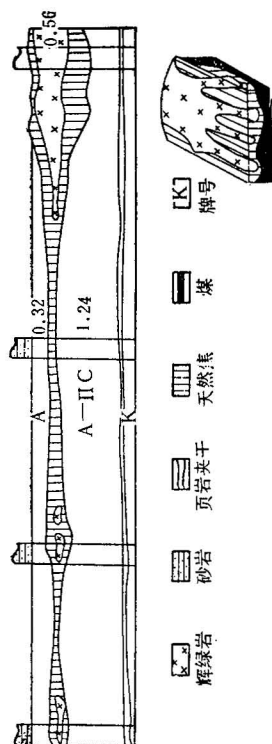


图 9 岩脉呈掌状侵入煤层、煤质变化图 (三矿 427 回风巷×段)

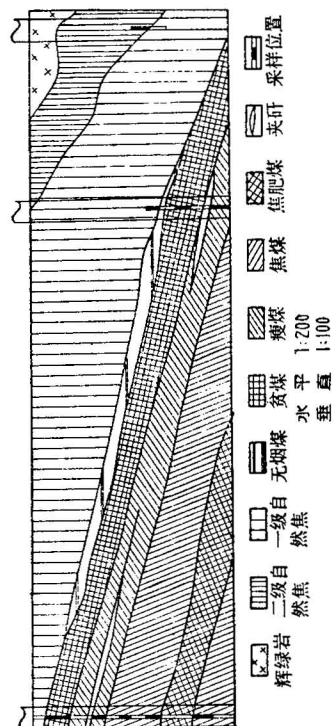


图 10 岩床斜切煤层、煤质带状变化图 (三矿三采区轨道上山)

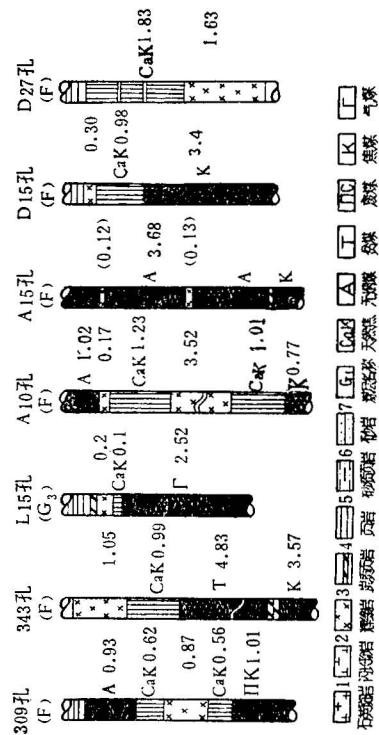
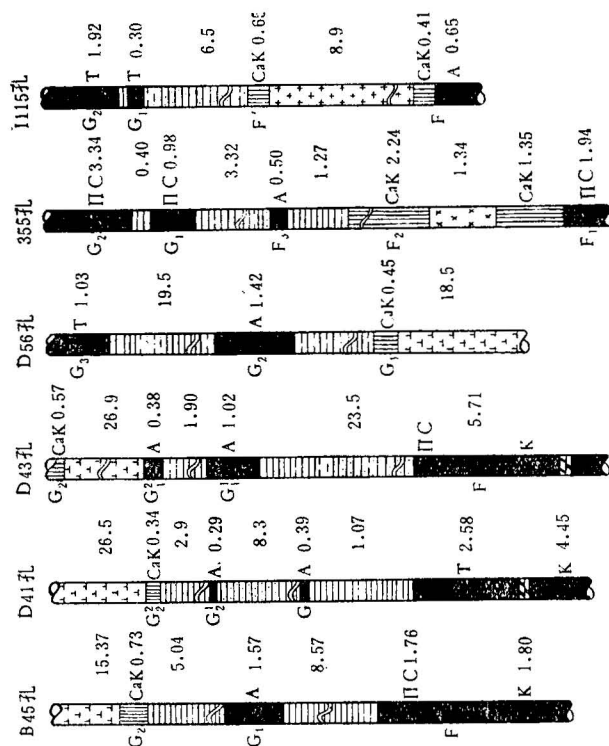


图 11 煤层与火成岩接触后煤质垂直分带

果岩脉呈斜切穿过煤层时,则变质带呈倾斜状。总之,煤层原有特征为内在因素,通过外因——岩浆侵入发生变化。

五、天然焦

天然焦很早就在我国许多矿区见到,特别是在火成岩活动频繁的矿区更为多见。但由于其燃点高,易爆炸,因此工业上利用还不广泛,所以也很少有人对其专门进行研究。天然焦在本煤田分布也相当普遍,为此引起笔者的重视。

煤层受到火成岩的接触交代与烘烤,在天然封闭的环境中,产生焦化作用。在焦化过程中,煤层软化熔蚀,冷却收缩,再加上覆盖层的巨大压力,形成之垂直层面的柱状节理,变成了钢灰色,致密坚硬,易爆炸的天然焦炭。依据其变质程度划分为三级:

一级天然焦(CaK—I),变质程度轻微的。

二级天然焦(CaK—II)变质程度中等的。

三级天然焦(CaK—III)变质程度较高的。

(一) 天然焦的物理性质及工艺特征:

本煤田侵入了火成岩,由于热力及挥发性物质易于向上扩散,所以位于侵入体上部的煤层较侵入体下部的煤层烘烤及变质程度更深。兹将三类天然焦的特征叙述如下:

1. 一级天然焦:

灰黑—黑色,比重及硬度不太大,稍染指到不染手指。用放大镜可见到大小不等的孔隙。燃烧时不爆炸或有微爆炸声。镜下观察,煤的原始结构虽被破坏,但仍可见到部分规则条带。反射率较高,非均质性明显。多气孔构造,而气孔较大。此种天然焦数量不太多。

2. 二级天然焦:

灰黑—钢灰色,常见网脉状方解石穿插。比重及硬度均较大。燃烧时轻微爆炸到中等爆炸,有“辟拍”声。导电性好,反射率较高而非均质性减弱(表8、9),可见少量细小气孔,在本区分布较多。

3. 三级天然焦:

钢灰—浅灰色、硬度、比重均很大。柱状节理发育,网脉状方解石及火成岩脉穿插。燃烧时剧烈爆炸,燃点高,发热量减低。在反射光下非均质性不明显,反射率更高,气孔细而密或呈致密之块状体。从全区看,总储量并不太多。关于天然焦的物理特征详见表8。

表 8 各级天然焦与人工焦镜下特征比较表

天 然 焦 特 征	CaK—I	CaK—II	CaK—III	人 工 焦 炭
软化熔融体颜色	淡黄色	黄白色	亮黄白色	亮灰白色
软化熔融体反射率	次高	较高	高	很高
显微结构	微显规则	不显著,不规则	均一杂乱	杂乱不清
气孔构造	气孔较大	气孔较小	气孔细小	大而互通
非均质性	较显	较弱	微弱	无
丝炭体清晰度	不清楚	不显著	较显著	显著
丝炭体反射率	稍高	较高	高	更高
丝炭体含量	少	较少	较多	多

因天然焦中镜煤体多已熔融,多具气孔,故无法测出准确的反射率。

表 9 各级天然焦宏观特征与工艺性能对照表

焦级	样 号 煤 层 号	样品孔深 (M)	侵入位置 厚度(M)	肉 眼 描 述	燃烧试验*	天 然 焦 工 业 分 析					
						W ^a %	A ^c %	V ^r %	Q ₁ ^b 大卡	Q ₂ ^b 大卡	Y m/m
一 级 焦	A101—3 $\frac{1}{2}$ (F)	123.76— 124.25	侵入底部 12.86	灰黑色 暗淡光泽 染手指	燃点高 微炸 发热量高	4.27	10.64	10.41	7074	8269	0
二 级 焦	A 65—A— $\frac{10}{12}$ (F)	201.01— 201.21	与顶板直接接触 14.57	灰—钢灰色 坚硬、光泽暗 矿物杂质多	燃点高 爆炸较强 热量稍低	3.67	14.75	8.04	6582	8015	0
三 级 焦	A 65—3— $\frac{1}{4}$ (F)	198.37— 198.79	与顶板直接接触 14.57	钢灰色 金钢光泽 杂质多	燃点很高 爆炸强烈 热量低	1.86	29.98	5.67	5280	7684	0

*：燃烧试验是在小型鼓风机和普通民用炉内进行的。

(二) 天然焦的利用

天然焦目前已在工业上利用，但不广泛。主要用于化工厂、发电厂的动力用煤及民用煤。由于硬度大，开采困难，因此成本高，效率低，一般不愿意开采。鉴于上述原因，对利用方面未加研究。1958 年以前天然焦是不计算储量的，直到 58 年才被批准允许计算 C₁ 级储量。到目前止，许多地方对天然焦弃而不采。这对国家的资源是很大的浪费。我们从 1957 年起就对天然焦做了一些简单的实验工作，由于条件差，仅对天然焦的利用提出一些意见：

1. 爆炸的原因

(1) 天然焦中有方解石脉穿插。方解石燃烧时放出二氧化碳，体积忽剧膨胀，突破孔壁而爆炸。

(2) 天然焦中含有来自岩浆的矿物杂质，也是爆炸的原因之一。自然界中许多矿物和岩石，当掷入火炉内，发生微弱的爆炸，如食盐就是如此。受热时结晶水膨涨，突破晶格而析出，发生“劈拍”声。我们认为天然焦的水就象食盐一样，导致爆炸。

(3) 不爆炸的天然焦，是因为距离火成岩较远，受烘烤的程度轻微，同时很少其他矿物杂质充填，就象人工焦一样，内生水分受热后容易逸出之故。

2. 利用方向

天然焦具有一定的经济价值。

(1) 用作民用燃料。根据燃烧实验，天然焦是片状剥离，因此可以把它破碎至 1mm 左右，参入黄泥与无烟煤混合一起，制成煤砖燃烧。实验结果，消除了爆炸声，燃烧情况良好。若以 50% 的天然焦粉、40% 的肥煤或瘦煤、7% 的黄泥、3% 的锯木屑，混合制成煤砖，则成为易燃、不爆炸、热力高、耐火力强的优质民用燃料。

(2) 天然焦是良导体。在煤的变质过程中，导电性能也随之发生变化。但一般变化很慢。在气煤至瘦煤阶段，视电阻率(ρ)=100—2000 欧姆，至无烟煤阶段则陡然下降。到天然焦时等于零。说明了天然焦是一种良导体。将来利用到电器工业上，可发挥更大的作用。其电阻率如下表：

(3) 用来发电。天然焦燃烧时，火焰极红，不冒烟，但发白热，火力甚强。据测定结果，最高可达 1200℃，耐火力强，不粘结炉壁。经发电厂实验，每度电消耗的燃料：天然焦 1.23 公斤；

表 10

岩 性 电 性	炭 质 页 岩	烟 煤		无 烟 煤 A	天 然 焦 CaK I—III
		$\Gamma-\text{JK}$	$K-\Pi^*$		
真电阻率 $\Omega\text{-M}$		100—2000	160—2000	0	0
视电阻率 $\Omega\text{-M}$	30—150	60—4000	100—2000	0—20	0

普通煤 1.28 公斤；劣质煤，1.35—1.36 公斤。由此看来利用天然焦发电是有前途的。

(4) 天然焦炭用球磨机磨成煤粉，可直接作化学工业锅炉用煤及发电厂锅炉用煤。

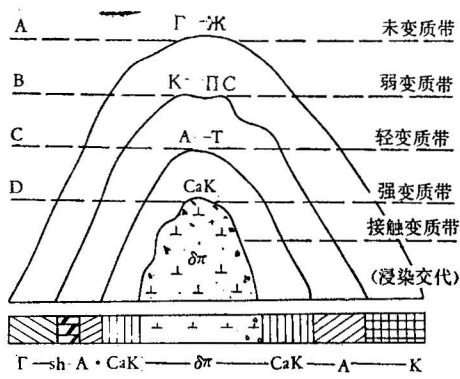


图 12 煤层接触变质分带模式

六、接触变质的格局

1. 煤的变质因素在大区域内，如含煤区、煤省、煤盆地……来讲，区域变质可能是主导因素。但在火成岩侵入的煤田或矿区内，煤质分带作用受接触变质的控制。
2. 本煤田煤的接触变质结果是：不同牌号的煤质呈带状分布。这个带有时呈线状，有时呈环状。带的形态随火成岩产状的变化而变动。
3. 火成岩侵入后，部分煤层被吞噬或破坏，这是少量的或者说是局部的。但岩浆对煤的变质程度来讲，其作用是大的。数亿吨的气煤变为主焦煤和完整配焦煤系统，是一个了不起的变化。
4. 接触变质区内，火成岩的出没比较复杂。但闪长岩，辉绿岩基本上呈层状侵入。通过物探工作，从视电阻率剖面图，配合地质勘探线剖面图研究，其变化是有规律可循的。不同性质的火成岩，影响范围大小是不同的。影响最大的是石英斑岩，其次是闪长岩，辉绿岩。
5. 煤层的接触变质作用，指的是煤与火成岩的接触交代与烘烤两种。从而引起了煤层的物理与化学两方面的变化。这个变化由量变到质变，从渐变到突变，是有节奏的，有规律的，为此，本文提出了煤层接触变质的分带模式。

参 考 文 献

[1] M. A. 门柯夫斯基等，1957，煤的工业分析。煤炭工业出版社。
[2] И. Ф. 多洛辛，1958，煤田地质学。煤炭工业出版社。
[3] A. H. 札瓦里斯基，1958，火成岩。地质出版社。
[4] H. И. 格列契什尼科夫，1959，煤岩学。地质出版社。
[5] Ю. A. 热姆丘日尼柯夫等，1963，煤系，煤层和煤的研究方法。科学出版社。