第45卷 第2期 地 质 学 报 Vol. 45, No. 2
1965 年 5 月 ACTA GEOLOGICA SINICA May, 1965

某含煤区域煤中鍺的成因規律*

黄 永 勤

本文論述之地区属地台凹陷沉积区，是两个相邻含煤盆地。其基底为片麻岩，硅質灰岩，海相石灰岩，出露于煤田边緣。区內除石炭紀、二迭紀之含煤地层外，尙有二迭、三迭紀之陆相地层，侏罗紀含煤地层，第三、第四紀地层和近代沉积。石炭、二迭紀含煤地层主要由砂岩、砂質粘土岩、粘土岩等組成，局部地区为含海相化石之泥灰岩，平均厚度約 85 米，通常含煤 3—5 层。煤层厚度較大，含煤系数也很高，具海陆交替互相向陆相过渡的特点。侏罗紀含煤地层以碎屑岩为主，大部属砂岩，砂質粘土岩，間夹煤层，含煤地层平均厚度在 200—300 米之間，通常含煤 7 层。煤层多属中厚煤层或薄煤层，厚度变化較大，含煤系数很小，属河流、淡水湖沼、泥炭沼泽等陆相沉积。

区內煤层变質程度均較低，属第 I 和第 II 阶段，工业牌号属气煤和长焰煤，煤的水平带状分布不明显，在垂直方向上具有区域变質特征。含煤盆地边緣地区，火成岩沿裂隙呈岩墙状侵入于二迭紀地层中，石炭、二迭紀之煤层与火成岩墙接触发生了局部深变質現象，白堊紀时，部分地区有安山岩、凝灰岩和第三紀或第四紀早期玄武岩沿裂隙噴发，因而部分地区的煤层受火山岩流热力烘烤而成无烟煤，并有硅化現象。

一、煤中鍺的分布特征

1. 煤中鍺的不均匀分布性質 煤层中鍺的分布和富集取决于各种因素影响的程度。为了探索煤层中鍺的分布規律，我們在不同地点的同一煤层或在不同层位上，在煤层煤岩結构复杂和单一的煤岩成因类型中，进行了采样分析研究，結果如表 1。

表 1 某区煤层中鍺含量

煤层编号	煤层中纯煤厚(米)	鍺在煤的纯煤中含量(ppm)	煤层编号	煤层中纯煤厚(米)	鍺在煤的纯煤中含量(ppm)
II	1.41	12	VI	2.94	6.1
II	0.15	55	VII	0.39	13.3
III	2.60	微	VII	0.23	40.0
IV	0.57	12.2	VII	1.06	6.7
IV	0.77	21.2	侏罗纪二层	1.26	3.4
IV	1.28	2.8	侏罗纪二层	0.74	1.5
IV	1.26	11.6	侏罗纪五层	1.41	7.4
V	2.85	微	侏罗纪五层	4.06	微
V	4.94	2.4			

表 1 为石炭纪和侏罗纪不同层位的煤层及同一层位不同地点的煤层煤中鍺的含量测定数据。

* 本文是在胡希廉总工程师指导和督促下完成的，特此表示感谢。

从表 1 可以看出，同一煤层鍺的含量在横向上变化很大。如石炭紀 II 号煤，鍺平均含量由 12—55 ppm，侏罗紀五层煤的鍺由微量至 7.4 ppm，其間沒有发現有規律增減的現象。縱向上，从 II 号煤到 V 号煤鍺的含量由 55 ppm 变到 2.4 ppm，这一現象表明，煤中鍺的含量存在着不均匀分布的特点。

在某地 II 号煤坑道中，按一定距离采集了分层煤样作鍺含量測定，反映了小区域范围內鍺水平分布变化状况如图 1。

2. 煤中鍺含量的变化与煤层层位的关系　含煤地层上部和下部的煤层，一般較含煤地层中部煤层富集較多的鍺。而且煤层越厚，煤中鍺的平均品位則越低，大部分含煤地层上下部的一些薄煤层均富集鍺（图 2）。

3. 煤层中鍺的垂直分布变化規律（表 2）　根据不同层位的煤层，在垂直剖面方向上，按一定距离采样分析鍺含量的資料，反映了鍺在煤层中不同部分的分布規律。在同一煤层中，鍺多富集于靠近煤层的頂部和底部，从煤层靠近頂板向下，靠底板向上，鍺的含量有規律地逐漸減少。煤层中部鍺含量較低。有些地方的煤层頂部富集数値小于底部，如石炭紀 II 号煤、侏罗紀五层煤等，另一些煤层則有与此相反的現象，頂部富集高于底部，如 III 号 VI 号煤层。

表 2　鍺含量的垂直变化

时代	系数	靠顶板煤中	靠底板煤中	含煤建造各煤中
石炭二迭纪	B/A	17/33	14/33	75/298
	F_b	0.52	0.42	0.25
	D/B	221.6/17	182.9/14	697/75
	F_k	13	13	8.7
侏罗纪	B/A	14/33	16/33	55/190
	F_b	0.42	0.48	0.29
	D/B	164.8/14	234.1/16	553/55
	F_k	11.7	14.7	10.0

A——进行分析样品总数。
B——含有鍺的样品数。
F_b——鍺的可见性系数。
D——表示鍺的含量标准单位（ppm）总数。
F_k——鍺的富集系数。

表 2 是根据靠近煤层頂板和底板三个分层煤样，与石炭紀及侏罗紀含煤地层的煤层分层煤样鍺含量測定統計的結果。

表 2 表明，靠近煤层頂底部的鍺的可見性系数比各层煤的中部将近大一倍，这一規律不因煤层的层位和含煤地层的地質时代不同而改变。

在同一煤岩类型中，鍺的分布含量也具有不均匀性質（如表 3）。

光亮煤底部岩石为砂質粘土岩，其上 5 分层为暗淡煤，鍺在光亮煤中的分布也是从底板向上逐漸減少。

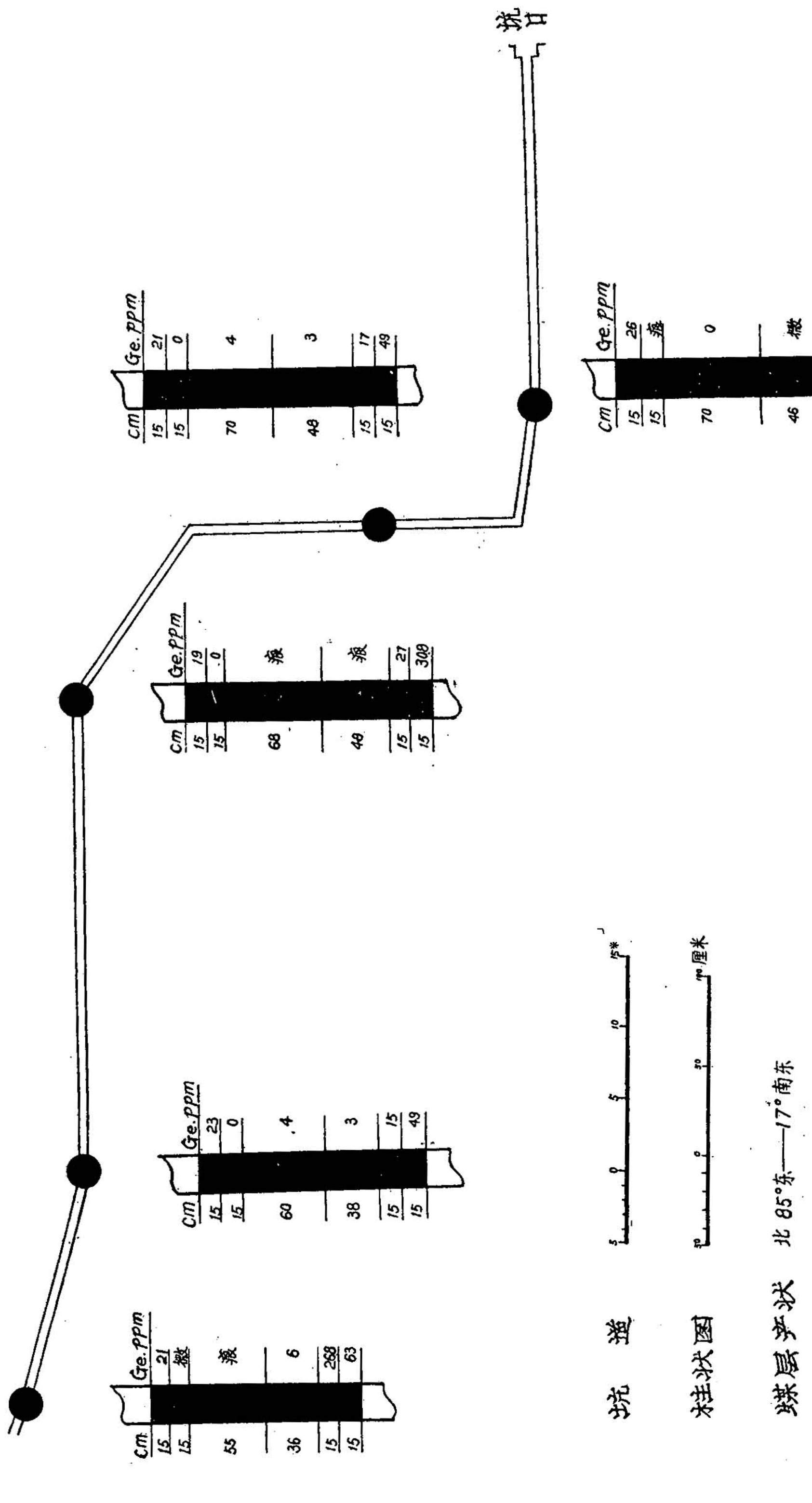

图 1　II 号煤层煤锗含量水平分布图

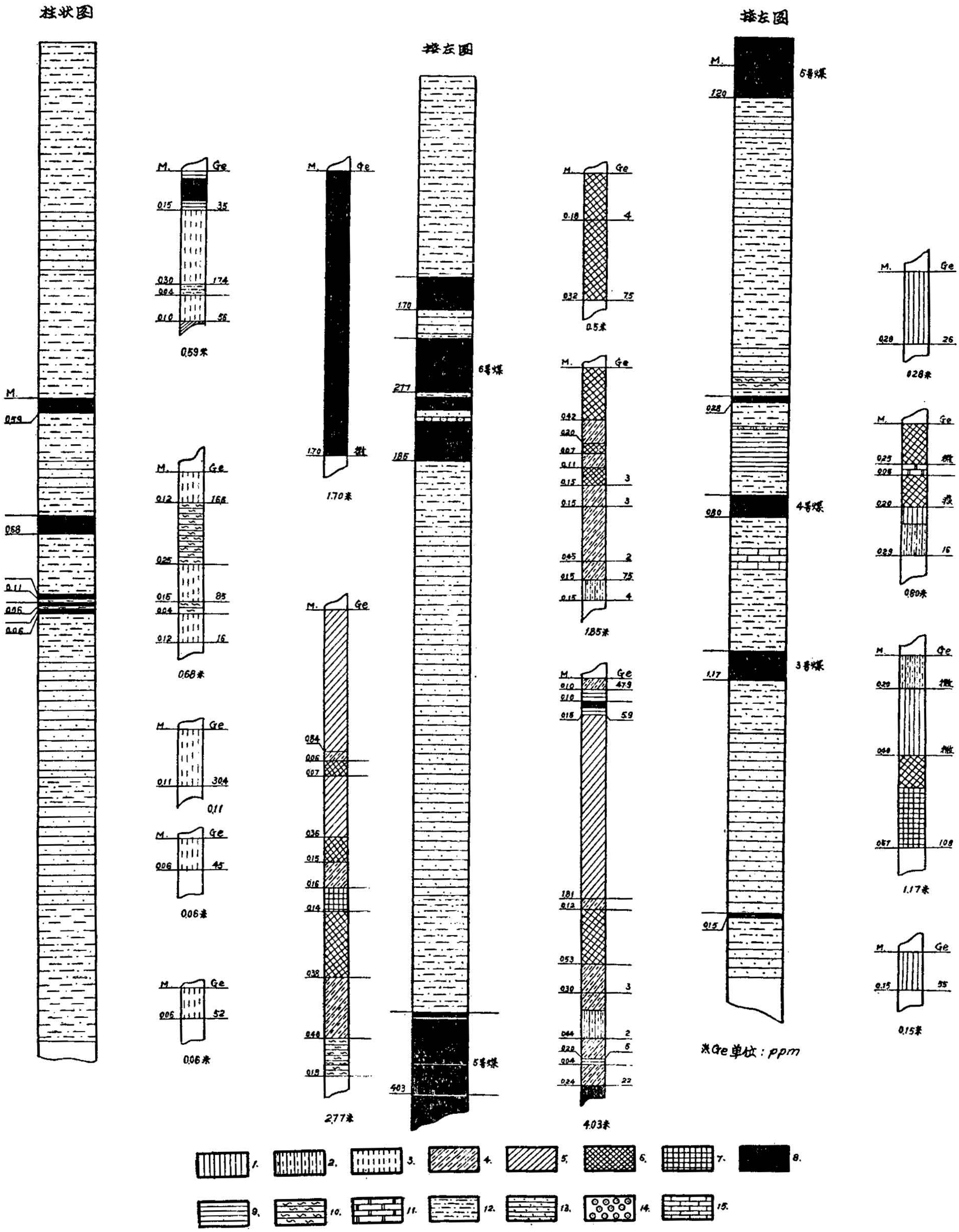

图 2　石炭二迭系含煤建造各层煤锗含量分布图

1．光亮煤 I　2．光亮煤 II　3．光亮煤 III　4．半光亮煤　5．半暗淡煤　6．暗淡煤　7．矿化暗煤　8．煤
9．粘土岩　10．有机质粘土岩　11．高岭岩　12．砂质粘土岩　13．砂岩　14．黄铁矿　15．石灰岩

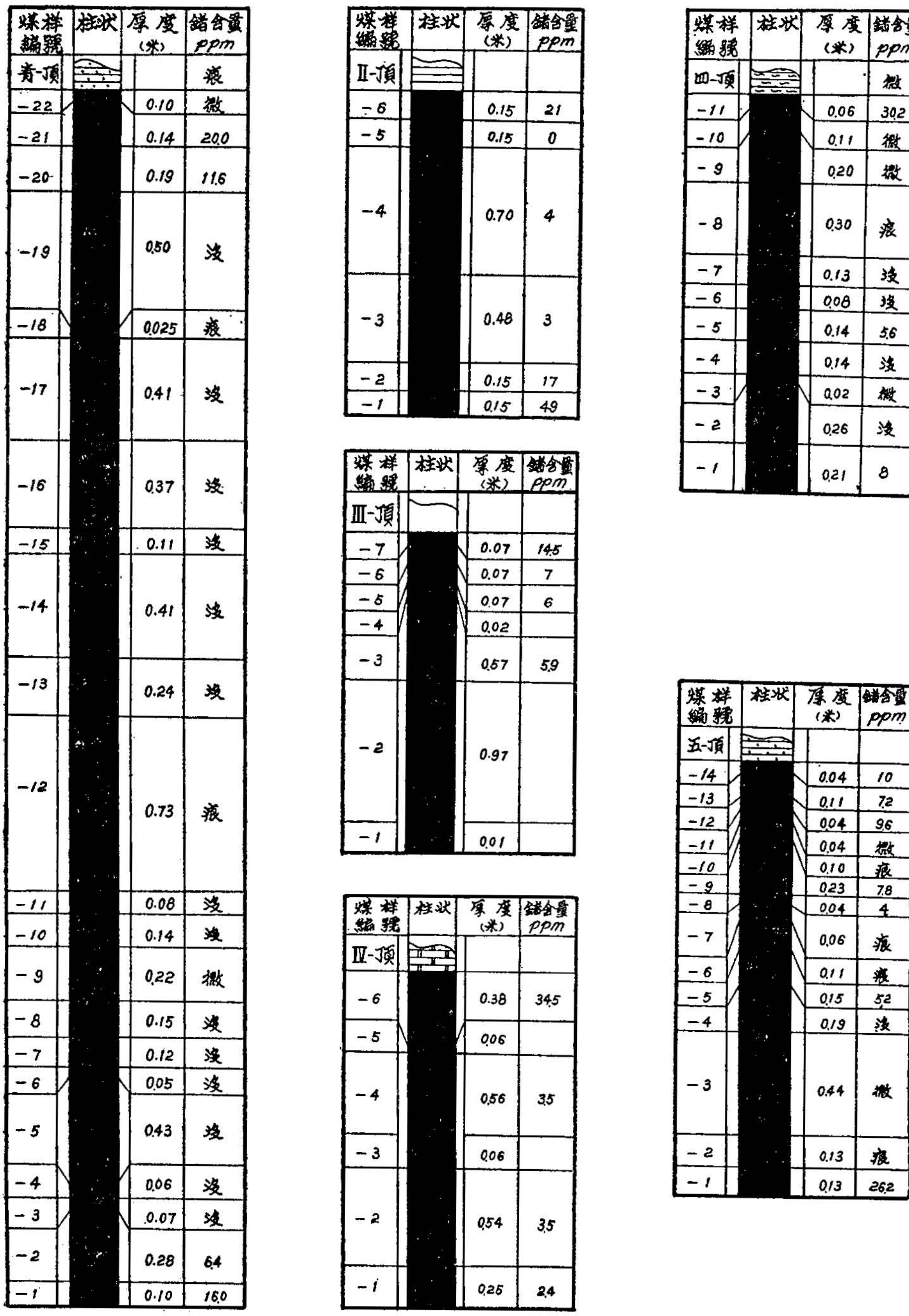

图 3　煤层中鍺含量垂直分布图

表3 某矿井石炭系煤层底部光亮煤类型鍺含量分布

煤样编号	分层厚度(厘米)	W^a	A^c	V^r	S^c_{06}	Ge(ppm)	附注
5	8	1.97	15.49	46.43	4.19	4.6	顶部
4	10	2.08	13.19	48.51	5.23	6.2	
3	10	2.34	12.66	48.29	5.45	14.4	
2	10	2.52	11.19	48.33	4.99	20.8	
1	10	2.62	12.87	47.03	5.90	22.0	底部
加权值		2.32	12.98	47.69	5.19	13.9	
全分层值	48	2.30	12.98	48.06	4.92	13.6	

二、鍺的含量及分布与煤层的煤岩成因类型、矿物质的关系

1. 煤层的煤岩类型与矿物质組成的基本特征 在本区煤田含煤地层中各层煤均由几种煤岩类型組成（石炭紀与侏罗紀煤岩类型特征見表 4, 5），原始物质有黄色的腐泥，

表 4

时代	类	类型	亚型	特征
石炭二迭纪	腐泥煤	暗淡煤	均一状	致密韧性极大，见有芦木化石，以腐植胶质为主，含腐泥质、藻类小孢子等，属藻烛煤。
	腐泥腐植煤	半光亮煤	线理状	线理状结构，以红色腐植胶质条带和镜煤占绝对优势，大小孢子、角质层等腐泥质藻类常见到。
			叶片状	叶片状，韧性大，由黄色胶质及镜煤组成，藻类已腐解，角质层含量较多。
	腐植煤	光亮煤	宽条带状	玻璃光泽水平层状常夹有大絲炭体或暗淡煤。基本由镜煤和均匀胶质组成常见到黄铁矿。
			中条带状	条带状镜煤，厚一般在 1—2 毫米之间常夹有暗煤及絲炭体，镜煤带各种结构，絲炭木煤形态分子也较多。
			透镜条带状	玻璃光泽，镜煤和絲炭均呈透镜状，夹粘土岩及矿化暗煤，以团块状镜煤为主，胶质次之。
			均一状	油脂光泽，致密坚硬，主要由均匀胶质组成，其中分布大小孢子、角质层等，镜煤含量较少。
		半光亮煤	条带状	油脂光泽，由亮煤、暗煤、絲炭等较均匀的分布构成，含形态分子较多，集中处构成暗煤。
			复杂条带状	由暗淡煤和光亮煤互相构成，二者常呈过渡状、显微特征是混合质暗煤和亮煤互层。
		半暗煤	条带状	由亮暗煤或暗煤，亮煤互层构成，镜煤条带含量较少显微特征是在胶质中含大量形态分子。
		暗淡煤	线理状	稍含镜煤，条带或线理分布不均匀，油脂光泽，胶结物以褐色黑色絲炭化基质为主，凝胶化胶质次之。
			微粒状	层理不明显，具微粒状结构，含各种形态分子，数量不等，角质物质集中时构成残植煤状。
			均一状	土状光泽，质坚硬，有机物质为大量粘土所混染、形态分子较少，分布零乱。

表 5

时代	类	类型	亚型	特征
侏罗纪	腐植煤	光亮煤	条带状	玻璃光泽，宽条带状，凝胶化物质占绝对优势，不论胶质或木质形态分子均常见到条带状结构，角质类物质不多，常见菱铁矿。
		半光亮煤	条带状	暗亮煤或暗煤、亮煤互层构成，油脂光泽，凝胶化物质占主要，镜煤、木煤、絲炭等物质含量较多，角质类物质甚少。
		半暗淡煤	线理状	油脂光泽、常见到絲炭体有时含大量木质纤维形态分子，胶质次之。
		暗淡煤	均一状	均一致密，性脆，亚贝壳状断口，不含絲炭，基本由褐色团粒状物质组成，含较多鲕状菱铁矿，稍有藻类和小孢子。
			微粒状	致密坚硬，油脂光泽，以絲炭及褐红色木煤形态分子占优势，凝胶化胶质很少，胶结物质为褐色，胶质及絲炭基质，矿物质很少。

藻类物質，但最主要的分布最广的为腐植物質，其中含各种木質纖維物質轉化成的各种鏡煤，凝胶化胶質为多。从鏡煤所殘留的原始植物組織結构中还可以区分出它們原来所屬的植物組成部分。絲炭和絲炭化基質在所有的煤层中均可見到。植物的稳定部分物質最多的为大孢子、小孢子、角質层等，树皮組織物質和树脂体含量很少。矿物質最基本的屬粘土，呈分散状或透鏡条带状产出，部分形成岩石夹层。其次較常見的有黃鉄矿、鲕状菱鉄矿、高岭石、方解石、石英和长石碎屑矿物等。煤岩类型基本是腐植煤类。石炭紀煤层以半亮煤、半暗淡煤和暗淡煤分布最为主要，角質形态分子和粘土矿物分布普遍，含量較高，个别煤层中含藻烛煤和腐泥腐植煤。侏罗紀煤层以暗淡煤和半暗煤为主，絲炭、木煤等木質纖維形态分子为构成各种煤岩类型的基本物質，角質形态分子在侏罗紀煤层中是微不足道的。矿物質含量很少，但普遍見到鲕状菱鉄矿。

2. 各种煤岩类型中鍺含量变化規律　各种煤岩类型鍺含量测定結果如图 4。

各种腐植煤煤岩类型中鍺的存在和富集状况見表 6。从表 6 可以看出，鍺的可見系数

表 6　各种腐植煤煤岩类型中鍺的存在和富集情况

煤田	时代	系数 \ 煤岩类型	光亮煤	半光亮煤	半暗淡煤	暗淡煤	矿化暗煤
某甲煤田	石炭纪	B/A	54/70	34/51	19/40	20/52	8/28
		F_b	0.77	0.66	0.47	0.38	0.33
		D/B	923.4/54	418/34	117.2/19	123.4/20	69.7/8
		F_k	17.1	12.11	6.16	6.17	8.7
某乙煤田	石炭纪	B/A	25/48	4/11	5/17	12/49	
		F_b	0.52	0.36	0.29	0.24	
		D/B	264.3/25	24.2/4	37/5	111.4/12	
		F_k	15.7	6	7.4	9.5	
某乙煤田	侏罗纪	B/A	16/31	5/22	7/21	13/56	
		F_b	0.51	0.23	0.33	0.23	
		D/B	231/16	63/5	71.8/7	111.8/13	
		F_k	14.8	12.4	10.2	8.5	

以光亮煤最大，并向半光亮煤—半暗淡煤—暗淡煤逐渐减小。总的鍺的富集系数亦具有同一趋势。无論鍺分布的普遍性或富集性，光亮煤要比暗淡煤大一倍。某乙煤田石炭紀暗淡煤中鍺的富集数值比半暗淡煤和半亮煤为大。从煤岩学研究观察，这些暗淡煤常含有較多散染状粘土，并可見到石英等細碎屑矿物。煤中有机显微組分分布零乱，因而具有微异地成因的性质，形成于与外部活动水流相通的泥炭沼泽环境中。随着外部水流的入侵，外部环境各种物质也被带到泥炭沼泽，其中也有鍺，因而引起鍺的富集数値增大。某甲煤田暗煤中鍺的富集数値較大亦可以此原因来解释。

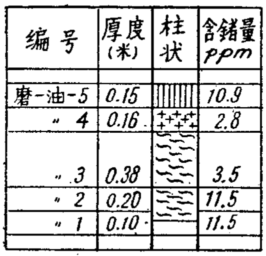

图 4

1 号样为黄铁矿与镜煤组成，2 号、3 号样为藻烛煤，4 号为线理状腐泥腐植煤，5 号样为宽条带状光亮煤。

根据对煤层的煤岩类型分布规律的观察，同一种煤岩类型在垂直剖面上的不同位置，其鍺的富集和可見系数也有差别。光亮煤类型和鍺的关系极为密切，但并不是煤层中所有的光亮煤均含有鍺。进一步研究光亮煤在煤层中的产状、位置和結构、組成物質等，可以发現分布在煤层頂部和底部的光亮煤中的鍺比較富集。四种光亮煤岩类型中鍺的存在与富集程度如表 7 所示。呈条带状結构的第 I, II 光亮煤亚型 F_b 和 F_k 值基本很接近，但是呈透鏡条带状結构的第 III 光亮煤亚型鍺的富集系数最大，这种亚型煤通常是构成含煤建造上部或下部的一些薄煤层。第 IV 光亮煤亚型鍺的 F_b 和 F_k 数值較小，这类亚型煤呈致密状，条带状結构不明显。鏡煤条带很少，主要有均匀凝胶化胶质組成。光亮煤中鏡煤含量不一致，引起煤中鍺含量发生变化，直接指示出了鏡煤与鍺的数量关系。为了証明这一推論的正确性，曾在不同地点剥离了鏡煤进行鍺含量分析，其結果如表 8。

表 7

系数	第 I 亚型	第 II 亚型	第 III 亚型	第 IV 亚型
B/A	20/25	21/28	12/13	1/4
F_b	0.8	0.78	0.92	0.25
D/B	279.9/20	292.6/1	338.2/12	11.8/1
F_k	13.99	13.95	28.22	11.8

表 8

编号	Ge(ppm)	产地
1	820	产于太原羣 III 与 IV 号煤之间的砂岩中，镜煤为 107×6 厘米。
2	770	同上 镜煤为 70×3 厘米。
3	520	同上 镜煤为 32×3 厘米。
4	68.5	产于太原羣深灰色粘土岩中，有黄铁矿结核。
5	180	产于山西组上部 8 号煤第二分层。
6	9	产于山西组上部6#煤层中，周围有粘土及黄铁矿。
7	4	产于太原羣 5# 煤层中部。
8	微	产于太原羣 4# 煤层中。
9	38	产于太原羣 2# 煤层中，含黄铁矿结核。
10	0	产于太原羣 4# 煤层中。

表 8 不但說明了鍺和鏡煤物质的关系，而且还和鏡煤的生成环境有密切关系。在冲积相砂岩(如表 8 之 1、2、3 号样)和湖泊相粘土岩中（表 8，4、5 号样）的鏡煤，比泥炭沼泽环境中形成的鏡煤有較多的机会吸附鍺。根据显微观察，含有团块状結构的叶鏡煤煤岩成因类型富集鍺量最大。第 III 种光亮煤亚型含鍺量較大，則正是由于含大量团块状鏡煤之故。

在几个地点的煤层中，剥离了少部分絲炭进行含鍺量測定，发現絲炭中不含鍺(表 9)。

表 9

编号	W^a	A^c	V^r	Ge(ppm)
3	3.18	4.24		0
4	9.98	9.17	24.08	0
10	4.75	8.19	26.60	0
11	2.73	9.23	18.84	0

煤岩类型显微組分統計資料表明，凡是含絲炭化物质較多者，煤中鍺的含量相对减少，如半暗淡煤和暗淡煤类型。

为了进一步驗証鍺和煤中的鏡煤及有机质的关系，选择含鍺量較高的煤层，采集混合样品，破碎至 3 毫米以下粒度，在不同級别的比重液中进行浮选，幷分别測定鍺的含量(如表 10)。

表 10

编号	原煤含鍺含量(ppm)	各比重級别煤中鍺含量										损失率
		1.3		1.3—1.4		1.4—1.5		1.5—1.6		>1.6		
		浮煤(%)	Ge(ppm)	浮煤(%)	Ge(ppm)	浮煤(%)	Ge(ppm)	浮煤(%)	Ge(ppm)	浮煤(%)	Ge(ppm)	
6011-1033	60	47.26	75.2	12.34	75.6	1.86	25.2	2.23	12.8	9.46	8.40	27.03
6011-1035	52	16.24	14.8	2.01	11.8	4.11	72	7.71	41	42.78	19.2	27.15
6011-1036	22	23.42	66	14.98	21.6	17.58	14.8	6.63	10	13.36	7.2	24.03
6011-1037	84	64.20	88	6.82	57	6.21	51.2	1.83	48	3.69	20.4	17.25
6011-1038	74	72.71	75.2	3.40	74	1.43	36	0.29	23.5	7.43	7.2	14.74
6011-1040	4	0.81	6.4	3.31	3.2	48.44	2	12.01	4.5	7.06	2	18.37

表 10 資料說明，經重液分离后，鍺大部分集中在精煤級别中，比重大于 1.6 的尾煤含鍺量很低，而精煤大部分由鏡煤組成。

鍺在煤的有机质中存在状态，有不少学者进行过研究。我們用 20% H_2O_2 人工氧化后的煤样，以 5% KOH 提取一次，然后将殘留煤样进行含鍺量測定，发現在低变质阶段的煤（第 I—II 变质阶段）經氧化后，鍺易于随腐植酸一起被提取出来，而且氧化越完全煤中鍺的損失量越大（見表 11)。

由上述可推論，鍺在煤的有机质中很可能是呈吸附状态存在，即存在于煤的鏈状結构物质部分，在后来的变质过程中，随着煤的分子量加大，苯环状芳香族分子結构逐渐趋向有規律的排列。

3. 煤中鍺与矿物质的关系　鍺和黄鉄矿結核有共生联系，凡煤层中含黄鉄矿結核

表 11

编　　号	原煤鍺含量(ppm)	20% H_2O_2 氧化，5% KOH 提取后鍺含量(ppm)	提取率 (%)
6011-1033	60	45.6	24
6011-1034	5.8	3.6	38
6011-1035	52	28	46
6011-1036	22	13.2	40
6011-1037	84	75.2	10.5
6011-1038	74	63.0	14.80

較多，該煤层或与黄鉄矿相接触的煤分层往往富集鍺。煤中硫份、煤灰中三氧化二鉄含量与煤中鍺含量有很大的适应性（表 12)。

表 12

编　　号	W^a(%)	A^c(%)	V^r(%)	S^c_{06}(%)	SiO_2(%)	Al_2O_3(%)	Fe_2O_3(%)	Ge(ppm)
②—1	5.49	16.06	43.27	3.45	36.32		22.76	63
②—2	4.72	11.31	39.68	2.96	37.02	37.54	21.16	26.8
②—3	4.37	11.25	41.57	2.91	39.26	38.24	18.36	6
②—4	4.63	15.60	38.92	2.76	44.30	38.42	13.58	痕迹
②—5	7.51	23.32	35.74	2.49	53.66	33.92	9.18	微
②—6	5.37	19.61	41.65	4.56	38.92	36.54	21.96	21
⑤—1	4.20	18.97	42.50	6.42	32.84	18.48	43.06	28
⑤—2	6.42	5.44	39.01	2.16	—	—	—	22
⑤—3	7.13	5.43	40.27	1.28	—	—	—	4
⑤—4	7.88	3.23	39.71	0.58	—	—	—	3.2
⑤—5	6.35	9.83	37.81	0.50	26.76	24.04	12.04	3
⑤—6	5.83	10.26	38.07	0.54	45.24	41.40	13.01	0
⑤—7	5.39	9.17	38.82	0.45	—	—	—	0

注 ②，⑤ 分别为石炭纪 II 号 V 号煤层。

将煤与黄鉄矿分离并进行鍺含量测定，发現鍺不是存在于黄鉄矿中，而是存在于有机质中（如表 13)。

表 13

编　　号	Ge(ppm)	W^a	A^c	S^c_{06}	附　　注
8 号原煤	8.8	1.34	60.35	39.28	S^c_{06} 大部分是黄铁矿硫。
8 号 > 1.4 比重	—	0.29	63.78	43.23	
8 号 < 1.4 比重	31.2	1.34	54.87	28.71	
12 号原煤	4	1.76	58.64	34.58	
12 号 > 1.4 比重	—	0.69	58.92	42.59	
12 号 < 1.4 比重	50.4	3.16	34.72	4.26	
16 号原煤	38	2.50	52.98		
16 号 > 1.4 比重	—	0.23	63.19	40.52	
16 号 < 1.4 比重	65	0.81	47.38	28.45	
1039 号原煤	16.2	2.15	58.65		
1039 号 > 1.4 比重	8	0.81	64.43		
1039 号 < 1.4 比重	120	3.99	7.97		

应該指出，只注意研究煤中所含有矿物質种类和鍺的成因关系还是不够的。更重要的是必須研究矿物質的产状，例如被大量粘土矿物所矿化的暗淡煤亚型，鍺的分布与含量值較小，而在粘土呈透鏡状或薄层状产出的煤岩中却常含有大量鍺，山西組上部几层薄煤层是由粘土岩薄层与透鏡条带状光亮煤組成，在光亮煤中分布着較多粘土透鏡体，这些煤层含鍺量均很高。若单从粘土矿物含量这一点看，这两种亚型煤均含較多粘土，不注意到粘土矿物的产状，則无从了解鍺含量差别的原因。

将粘土和煤分离后，分别进行鍺含量测定，同样发現鍺并不存在于粘土中，而主要含于有机質部分，如表 11 中 1035，1036 号煤样，即为含粘土透鏡体的第三种光亮煤的亚型，經重液分离后，各比重級物質的含鍺量情况。

三、煤中鍺的来源和聚集条件

鍺在煤层中的存在和富集程度取决于多种因素，其中包括原始植物的种属和組成特点，鍺聚集区的环境，供給区的含鍺情况，供給区与沉积区的联系，地壳震蕩运动的作用，煤层覆盖层的岩性，地下水循环状况，变質作用以及风化作用等等。

当研究鍺来源时，人們特别注意对原始植物組織种属的研究，并認为不同时代煤层含鍺量的差别是植物組織性質和种类不同而引起的。自然界中植物对各种元素具有选择吸收的特点。在地質历史发展过程中，植物种属由低級向高級发展，其根部亦逐漸发育完善，因而更能从地壳中吸收較多的鍺，这就造成不同时代煤中鍺含量的差别。本文所論述的煤田形成于不同地質时代，某甲煤田包括石炭二迭紀和侏罗紀二个含煤地层，某乙煤田石炭紀含煤地层包括二迭紀山西組煤层，根据古植物学研究資料，石炭紀植物羣以蕨类植物为代表，侏罗紀时期蕨类植物大部为裸子植物所代替，因而我們有可能研究煤中鍺和植物質的关系。对比不同层位煤层的含鍺量变化情况和分布特征，則可以大致明了，原始植物質对鍺存在和富集的影响程度。

表 14

系　数	某乙煤田		某甲煤田		某乙煤田各煤组			
	石炭系	二迭系	石炭系	侏罗系	第一组	第二组	第三组	第四组
B/A	98/186	37/55	75/298	55/190	33/62	10/16	55/108	37/55
F_b	0.52	0.67	0.25	0.29	0.53	0.64	0.51	0.67
D/B	1136.5/98	422.8/37	697/75	553/55	453/33	181.8/10	501.7/55	422.8/37
F_k	11.60	11.4	9.3	10.10	13.70	18.18	9.12	11.40

从表 14 中看出，某乙煤田含煤地层上部煤层鍺的可見性系数較之下部煤层为大，某甲煤田也存在类似的現象，侏罗紀含煤地层比石炭紀稍大。鍺富集系数的变化，某甲煤田侏罗紀比石炭紀煤层稍大，某乙煤田各組煤层則呈現逐漸減少的趋势，其原因是所选择的为一个綜合性数值，現今煤层中鍺富集数值則是各种因素作用的結果。毗邻时代煤层中，引起鍺含量数值增減的原始植物組織性質的影响因素，可因其他因素的参与而被掩盖，但在新老时代对比上，侏罗紀和二迭紀煤层均較石炭紀煤层含鍺量高。

上面已指出含有較多团块状結构，周围为角質层所包围的鏡煤含鍺量較大，这一現象

表明，不但植物种属的不同，而且植物的不同組織部分对鍺的存在均有影响。按植物原始組織来說，上述那种鏡煤无疑是属于树叶部分組織，这一点，和 A. B. 特拉文（1957 年）在研究苏联东部地区的煤所得結論相同，作者指出：不是在一切鏡煤化物質中，鍺的聚集都是最大数量的，最大数量的鍺主要是在那些成煤作用泥炭阶段沒有遭受原始氧化作用的那一部分，是結构隐蔽或結构明显的鏡煤，往往是薄壁組織性質的。

植物組織的性質是影响煤中鍺富集来源的一个因素，但并不能把它当作唯一因素，而且对具体地区和条件应加以愼重分析。对本区来說，植物質对煤中鍺的来源影响不甚显著，而且这个观点不能解释很多現象。煤层中鍺存在和富集原因，除了与原始植物組成性質有关外，还与其他因素有关。

当我們把煤中鍺的分布富集現象与含煤地层和煤层成因規律联系起来研究时，发現鍺的分布、富集是受成煤过程中的因素所控制的。鍺在煤层中分布的多样性，是由于含煤地层和煤层形成环境的发展不均衡所引起。

根据含煤地层中煤层分布規律，厚煤层常常分布在含煤地层中部。本区石炭紀含煤地层中的 V 煤层和侏罗紀含煤地层中的第五层煤，均大致分布在含煤地层中部，这些煤层不仅在厚度上变化不大，而在空間分布上也較为稳定。說明在含煤地层发展的中間阶段，具有最有利的成煤条件。而煤中鍺的最有利富集条件与煤层形成的有利条件恰恰相反，它是出現在含煤地层形成的开始和終結阶段，例如石炭紀含煤地层上下部薄煤层含鍺量很高。其原因，主要是含煤地层形成的开始和終結阶段，地壳振蕩运动比較頻繁，运动的速度相对来說較为急剧，在这样的条件下，常常造成了一些規模較小的，局部发育的低洼沼泽。鍺供給区与聚集区联系密切，这就創造了鍺的供給来源和富集的优越条件，鍺被水溶液从沉积区周围的风化淋滤岩石中，携带到泥炭沼泽中，在強充水泥炭沼泽条件下，堆积在泥炭沼泽中的植物殘体，主要經受凝胶化作用，形成各种腐植胶体，而后者能够吸附水溶液中的鍺。在含煤地层中間阶段，地壳振蕩运动速度減慢，这时形成了开闊平坦的泥炭沼泽环境，植物殘体大量堆积泥炭沼泽水流閉塞，鍺的来源发生了一定阻碍，因此鍺在含煤地层中部厚煤层中的含量較少。各种煤岩类型在煤层中的相互交替出現是成煤环境有規律变化的反映，本区煤田成煤时期前后沉积旋迴的特点以岩性来表示的公式是：粘土岩—煤层—粘土岩（侏罗紀有少量砂砾岩），以岩相来表示公式为：湖沼相—各种泥炭沼泽相—湖沼相（或冲积相），由湖沼相向泥炭沼泽相的过渡和由泥炭沼泽相向湖沼相的过渡，說明泥炭层形成的开始和終結阶段是以充水相为主，所以本区煤田各煤层的煤岩結构特点是：煤层底部均属由大量凝胶化物質組成的光亮煤或藻烛煤，大量粘土矿化的暗淡煤，煤层頂部由于受到后来的冲刷侵蝕作用影响，表現較不显著，但亦以光亮煤和半光亮煤为多，煤层中部属含形态分子較多的半暗煤和暗淡煤类型。鍺在煤层中的垂直分布現象，与煤层中煤岩类型分布規律存在着无可置疑的成因联系，各种煤岩类型是一定的成煤条件作用过程的产物，說明鍺在煤中存在和富集与聚集环境息息相关。在相同成因的煤岩类型中，鍺分布規律也受到上述規律控制，如表 3 光亮煤資料，这是因为在泥炭沼泽形成于开始阶段的強充水环境，由于泥炭不断堆积漸漸向着微积水相过渡，通过水溶液介質携带到沼泽中的鍺就处于不利条件下，由湖沼相环境过渡到強充水的泥炭沼泽环境，如果这时存在于泥炭沼泽水介質溶液中鍺的含量浓度为 M，在泥炭物質不断堆积过程中，鍺也不

断的被吸附沉淀下来，若后来介質中沒有鍺的补充，那么浓度 M 将逐渐減少为 $M_1 M_2 \cdots\cdots$ 根据吸附作用与被吸附物質浓度成正比的关系，即使在含有凝胶化物質一样的条件下，先形成的腐植胶体则要比后来形成的腐植胶体从介質中吸附更多鍺，所以在煤层下部光亮煤类型鍺含量也是由下向上逐渐減少，而在煤层中部，即使是光亮煤，含鍺量也很低或不含鍺。在泥炭形成的終結阶段，泥炭成因条件逐渐破坏，逐渐被深水环境所代替，水的来源充足，造成鍺的供給来源有所增加的条件，因而腐植胶体在水介質溶液中吸附鍺的可能性也逐渐增加。分布在煤层頂部的光亮煤岩类型鍺的含量变化和下部情况相反，由上部向下逐渐減少，这是由于两个阶段中沉积环境变迁方向不同所引起。不同位置的鏡煤和各种煤岩类型含鍺量分析資料說明，即使存在着鍺的有利集积条件，如果沒有鍺的供給来源，还是不能使鍺聚集起来，鍺的供給来源和聚积条件是煤中能否富集鍺的两个互相联系，互相制約的决定性因素。

对煤层中鍺靠近煤层頂板和底板部分特别富集的現象，也有用接触富集作用来解释的，其論点与煤中鍺的富集与泥炭形成的过程无关，主要是泥炭层形成以后，由于地下水的循环作用所致。持这种解释的学者沒有足够資料来証明自己論点的正确，比如对研究区域决定地下水运动状态的水文地質条件，煤层頂，底板的岩性，地下水的运动方式，水源和水質等，均是上述循环水溶液淋滤引起煤层中鍺富集論点所必須研究的問題。本区煤田均是一貧水区，降雨量比蒸发量小，地形較陡峻，冲沟发育，大气水多形成地表径流，地下水以裂隙水为主，含煤岩系的上覆地层含水量不丰富，石炭紀含煤地层中的煤层頂板、底板岩石多属粘土岩，即属不透水层，侏罗紀含煤地层中，煤层頂、板岩性变化較大，有些直接覆盖着砾岩，有些为粘土岩，从頂板岩性上看，两个含煤地层差别較大，但鍺的分布規律并无显著不同，因此以地下水滲透循环作用来解释煤层中鍺的富集是不妥当的。

結 語

1. 含煤地层上部和下部的煤层中的鍺含量較高，特别是一些分布不广的薄煤层，常常富含鍺，含煤地层中部的厚煤层含鍺較少，在单煤层中，鍺常富集于靠近頂板和底板的煤分层中。在空間分布上，只有在小区域范围內，鍺的分布才較为稳定，一般分布甚不均匀。

2. 鍺与煤岩类型及矿物質的关系：属深水湖沼相成因的藻烛煤，常含鍺，腐植煤类中以光亮煤类型存在与富集鍺的可能性最大，各种腐植煤岩类型鍺的可見性系数和富集系数按光亮煤—半光亮煤—半暗淡煤—暗淡煤的顺序逐渐減小；在光亮煤类型中，以条带状或透鏡条带状，含团块状叶鏡煤較多的光亮煤亚型中，鍺更为富集；鍺不单与煤中矿物質的种类有关，而且与矿物質的产状有关，鍺与結核状黃鉄矿有共生联系，煤层中含黃鉄矿較多，含鍺量也增多，粘土呈透鏡条带状，薄层状产出的煤岩类型中鍺的富集可能性也較大。

3. 煤中的鍺主要存在于有机質中，特别是存在于鏡煤中，矿物質中含鍺量甚微，根据人工氧化試験，鍺在煤的有机質中呈吸附状态存在的可能性最大，經人工氧化后，煤中的鍺即可随溶液被提取出来。

4. 煤层中鍺的聚集来源主要取决于成煤过程的泥炭化阶段，水介質溶液含鍺量和由

供給区带到沉积区来的鍺含量多寡，其次是原始植物质对鍺的选择吸附，至于次生富集作用，我們所得資料不多，尙不能引出結論。

5. 在地壳振蕩运动比較頻繁、形成充塡水的低洼泥炭沼泽环境中，最有利于鍺的富集。

参 考 文 献

[1] 戈尔德斯密特 V. M. 1959 鍺的地球化学。地球化学专辑，地质出版社。
[2] 戈尔德斯密特 V. M. 1956 地球化学。科学出版社。
[3] 杜明达、梁天佑 1958 鍺在煤中的分布及有关問題的初步介绍。地质月刊，第5期。
[4] 高丕琦 1959 鍺。冶金工业出版社。

SOME GENETIC PATTERNS OF GERMANIUM IN A COAL-BEARING DISTRICT

HUANG YUNG-CHIN

(Abstract)

On the basis of a study of the occurance and genetic patterns of germanium in the Late Carboniferous, Early Permian and Jurassic coal formations of a certain area, it is proved that germanium in coal is of inhomogeneous distribution. In coal beds of the same horizon with negligible changes of thickness and structure as well as types of coal petropraphy, the horizontal variation of germanium content within the whole mining district is not significant. But vertically the germanium often concentrate in the subseams near the top and foot walls of the formation. Going down from the top and up from the bottom, however, the germanium content in coal becomes progressively reduced. The germanium content in seams at the upper and lower parts of the coal formation is higher as compared with these in the middle section. The germanium content in coals of different petrographical species is found to be decreasing in the following order: shing coal——semi-shing coal——semi-dull coal——dull coal. The germanium in coal is associated with pyrite, but appears mostly in the organic portions, mainly in vitrains, and both the hand sorted and heavy-fluid separated vitrains are noted by their high germanium content. Germanium is easily extracted with humic acids by oxidation with 20% H_2O_2, and extraction with 5% KOH. It is suggested that germanium in the organic matters of coal usually assumes an adsorped state of occurance. From the variation of germanium content in coal beds of different geological ages, and upon the study of the original coal-forming materials, it is deduced that the germanium occurance in coal is the result of intensive absorption of germanium by the primitive plants on the one hand, and is also to be related to the weathering denudation on the other hand. The patterns of germanium concentration in coal are chiefly controlled by the oscillative movement of the earth crust and the subsequent changes in the accumulative conditions of coal-forming materials as well as the environmental changes.