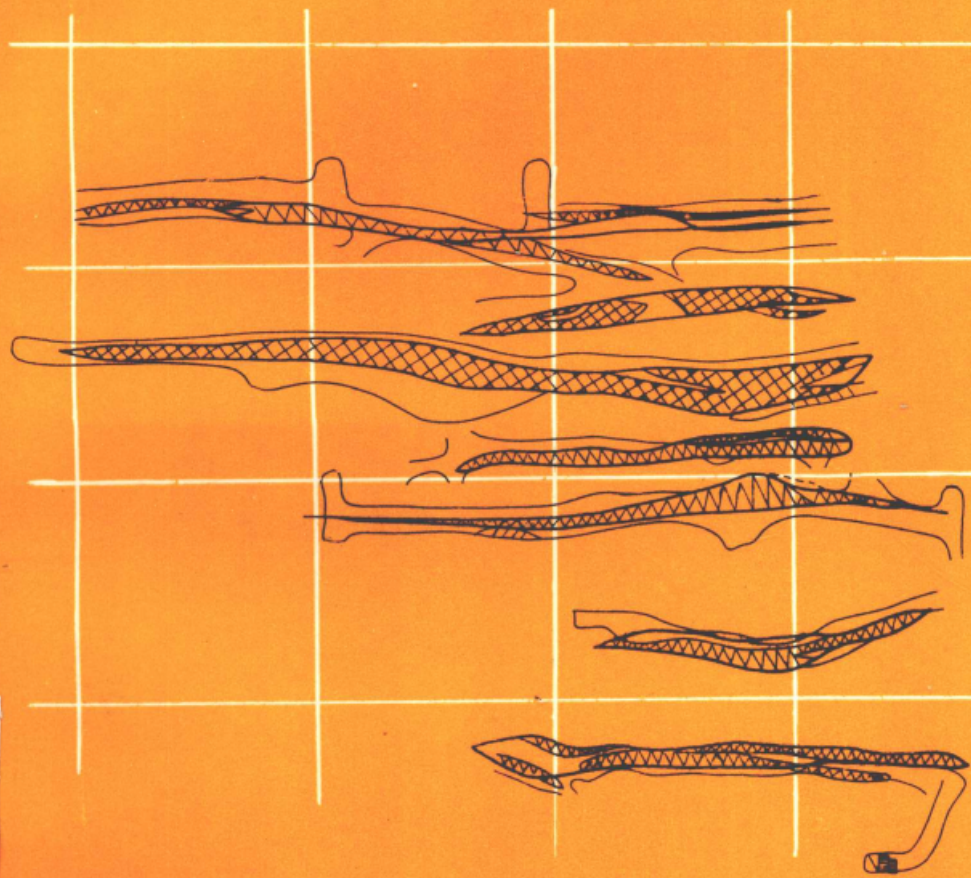


JIAODONGXIBE IBUMAIZHUANGJINKUANG

Au

膠東西北部 脈狀金礦

姚鳳良 劉連登 孔慶存 宮潤譚 著



03
3-3)
70

吉林科學技術出版社

胶东西北部脉状金矿

姚凤良 刘连登 孔庆存 宫润谭 著

吉林科学技术出版社

前 言

山东半岛烟台市以西，栖霞县、招远县、黄县、掖县和平度县的胶东西北部，具有悠久的采金历史。早在公元907~960年间（五代十国），招远地区就有“金城天府”之誉称，公元1007年（宋，景德四年）“岁益数千两”黄金。1900~1937年间，德、美和日本帝国主义，从玲珑金矿掠夺了黄金56.79吨……目前，该区已探明的金矿储量约占我国的25%，黄金产量居全国之冠，是我国最重要的黄金工业基地。

尽管该区有漫长的采金历史，但系统的金矿地质工作却始于新中国成立之后。谢家荣、郭文魁（1949），刘国昌（1950）等的花岗质岩石及金铜矿地质调查，长春地质学院（1958~1962）的基础地质研究，山东807地质队、805地质队、山东第六地质队、山东冶金第三勘探队等对该区金矿勘查均作出了重要贡献。1975年，山东第六地质队发现了焦家金矿，标志着该区找金工作进入了一个新的阶段。尔后，吉林冶金勘探公司、长春地质学院、沈阳地质矿产研究所、南京大学、中国地质大学、昆明工学院、冶金部天津地质研究院、地质科学院地质力学研究所、中国科学院地质研究所、云南地质科学研究所等单位相继进入本区，从不同角度对基础地质、金矿成因和成矿预测等方面进行了深入的研究，促进了区内黄金地质事业的大发展。值得指出的是，冶金部招远金矿、焦家金矿、新城金矿、招远县黄金公司所属的诸多金矿，为发展我国的黄金工业作出了卓越的贡献，也为该区黄金地质事业作出了重要贡献。

1979~1984年间，招远金矿与长春地质学院本课题组合作，对该区金矿进行了系统的研究，研究报告“胶东西北部金矿地质、成因和预测”于1986年元月通过评审。本书以该研究成果为“兰本”，据评审员徐恩寿高级工程师、曹国权高级工程师、靳毓贵研究员、张秋生教授、穆克敏教授、兰玉琦教授、朱奉三教授、程玉明高级工程师、沈保丰研究员、赵礼高级工程师、裘有守副研究员、郭纯毓工程师，以及孙培基高级工程师等的意见作了修改，并参阅了近年发表的有关文献资料和长春地质学院硕士研究生论文，以及结合作者近年的一些研究成果，撰写而成。

本书立足于作者自己的研究成果，对胶东西北部的玲珑花岗杂岩，金矿地质地球化学特征，滦家河花岗岩—脉岩—金矿床的时间、空间和成因关系，区域成矿规律和找矿靶区预测等作了系统的阐述；建立了金矿地质模式和金矿成因模式；提出了本区金矿为具有多源色彩的同源重熔（分熔）岩浆热液金矿床，与金矿有地质地球化学相关性的滦家河花岗岩不是成矿母岩，而是同源岩——它们是同源岩浆不断发展和发展阶段的产物。

上述学术思想，作者曾于1981年向冶金工业部作过汇报，也曾在第二届（1980）、第三届（1984）全国矿床会议，第一届（1981）第二届（1988）地矿部系统金矿学术讨论会，第一届全国环太平洋成矿带学术讨论（1987），国际性金矿地质学术研讨会（1989）、长春地质学院学报（1981、1983、1984、1987、1989）上发表过。

胶东西北部地区脉状金矿是我国最典型的脉状金矿，也是全球活化地台中生代重熔花岗岩浆热液金矿的范例。笔者殷切期望，本书的出版能对发展岩浆热液成矿理论和促进我国方兴未艾的找金热潮起到一定的作用。

本书第一、三章由姚凤良撰写，第二、四章由刘连登撰写，第五章由孔庆存、宫润谭撰写，全书由刘连登统编、定稿，姚凤良终审。先后参加工作的还有孙振佐、邓冰、于清毅、李健宝、章安生、李卫芳、易虹、刘晨、刘德安、王娟和隋德才等。

整个工作始终得到了招远金矿和长春地质学院的帮助和支持，山东地质六队和冶金三勘也给予了支持，张秋生、穆克敏、王林祥教授给予了指导，成书过程戴仕炳、隋延辉、卿敏协助做了一定工作，欧相贤、关丽荣清绘了图件、李玉雪、何高文帮助清抄了文稿。本书的英文简介由戴仕炳译文，陈浩疏高级工程师审改。

值此本书出版之际，作者怀着万分感激的心情，向给予支持、帮助的单位和个人表示深切谢意。作者深知，没有上述众多的支持和帮助本书是难以问世的。

作者

目 录

第一章 成矿地质背景

1. 前寒武纪层状岩石	2
1.1 晚太古宙胶东群	2
1.2 中元古宙粉子山群	9
1.3 晚元古宙蓬莱群	9
2. 区域构造格架	10
2.1 褶皱构造	10
2.2 断裂构造	11
3. 火成岩	12
3.1 燕山早期花岗岩类岩石	12
3.2 燕山晚期火成岩	13

第二章 玲珑花岗杂岩

1. 岩体地质	14
1.1 岩体地质产状	15
1.2 岩体的片麻理及暗色条带	21
1.3 岩石类型	23
1.4 主要矿物成分	23
1.5 副矿物	31
1.6 岩石化学成分	35
2. 岩石包体地质	39
2.1 包体的形状产状规模	40
2.2 包体岩石类型	44
2.3 包体岩石的原岩	46
2.4 包体的微量元素特征	46
3. 脉体地质	51
3.1 脉体类型	51
3.2 脉体岩石化学成分	56
4. 岩石的稀土元素组成特征	56
4.1 玲珑花岗岩、包体、脉体的稀土元素关联性	56
4.2 郭家岭花岗岩、包体、脉体的稀土元素关联性	59
5. 碱长石化	61
5.1 贯入—交代碱长石地质产状	61
5.2 碱长石的主副成分	63
5.3 碱长石含斜长石率及有序度	65
5.4 碱长石化成因	66

第三章 脉状金矿地质地球化学特征

1. 金矿集中区内的矿田	69
--------------	----

1.1 玲一九矿田	69
1.2 灵一北矿田	69
1.3 焦一新矿田	70
1.4 三一仓矿田	71
2. 成矿作用在空间域上的演化	71
2.1 脉状金矿类型	72
2.2 脉状金矿的分带	74
2.3 矿脉内的金矿体	75
3. 成矿作用在时间域上的演化	78
3.1 矿石构造类型	78
3.2 矿石物质成分	80
3.3 成矿阶段	87
3.4 主要载金矿物黄铁矿	90
3.5 载金矿物脉石英	98
3.6 金矿物	100
4. 围岩蚀变	108
4.1 蚀变岩的类型	108
4.2 蚀变岩分带	109
4.3 蚀变作用的期次	111
4.4 蚀变过程的组分变化	112
5. 矿石同位素地质	113
5.1 铅同位素特征	114
5.2 硫同位素特征	118
5.3 氧、氢同位素特征	119
5.4 碳同位素特征	121
6. 成矿热液特征	123
6.1 成矿温度	123
6.2 含矿溶液性质	124
第四章 花岗岩类岩石与脉状金矿	
1. 脉状金矿与花岗岩类岩石成因关系述评	126
1.1 母源说质疑	126
1.2 同源说	126
1.3 多源成矿	131
1.4 岩石的金丰度	135
1.5 岩浆作用中金的性状	140
2. 脉岩与金矿的关系	143
2.1 脉岩地质	143
2.2 脉岩与金矿的时、空关系	149
2.3 脉岩与金矿的同源性	156
2.4 脉岩含金性及意义	161
2.5 脉岩的研究意义	163
3. 重熔型磁铁矿系列花岗岩与金矿	164
3.1 玲珑花岗杂岩的源岩	164

3.2 重熔型磁铁矿系列花岗岩判据	170
3.3 源岩的分熔模式	176
3.4 玲珑花岗杂岩及金矿的时代	181
第五章 脉状金矿的模式与预测	
1. 矿床模式	187
1.1 矿床模式概述	187
1.2 本区脉状金矿床模式	189
2. 区域成矿规律	191
2.1 金矿成矿带	192
2.2 矿床分布的等距性	197
2.3 成矿同源岩体对金矿床展布的制约	201
2.4 矿脉中控制矿体富集的因素	202
2.5 矿体的侧伏规律	212
3. 区域成矿分析	215
3.1 找矿靶区预测	215
3.2 矿体的深部预测	217
3.3 玲九矿田远景预测	223
参考文献	226
英文简介	228

第一章 成矿地质背景

胶东半岛烟台市西北部的栖霞县、黄县、招远县、平度和掖县，是我国最重要的金矿集中区，区内已探明金矿储量的95%集中于招远至掖县长约60km，宽约15km的地带内，故称招掖金矿带。矿带内分布有玲珑（包括玲珑、大开头、九曲）、焦家、新城、三山岛、仓上等特大型金矿床和灵山、河东、北截等中小型金矿床及矿化点二百余处，是我国目前最重要的产金基地和金矿远景区（图1-1）。

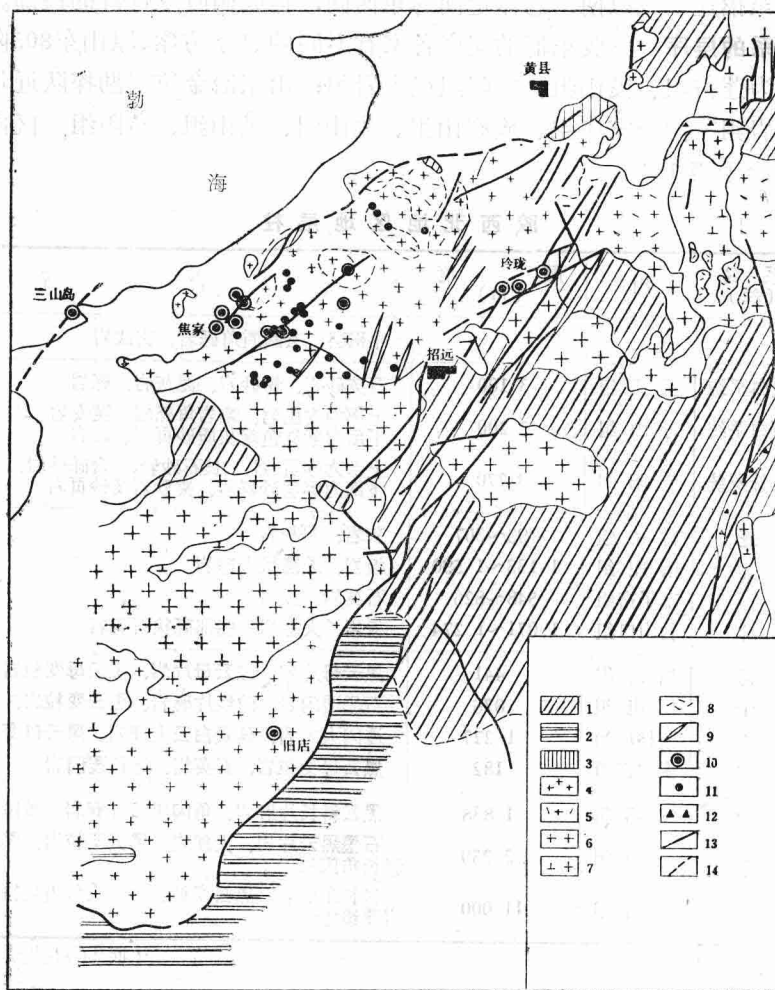


图 1-1 招掖金矿带区域地质简图

1-胶东群；2-粉子山群；3-蓬莱群；4-玲珑花岗岩；5-郭家岭花岗岩；
6-滦家河花岗岩；7-艾山花岗岩；8-密斑黑云母花岗岩；9-中性岩
脉；10-大、中型金矿；11-小型金矿及矿点；12-断层破碎带；13-渐
层；14-地质界线

1. 前寒武纪层状岩石

区内广泛出露前寒武纪地层，晚太古界胶东群和早元古界粉子山群呈东西向分布于金矿带的南部。晚元古界蓬莱群零星分布于栖霞县以东和福山县以南。区内缺失古生界、中生界的三叠系以及下、中侏罗统地层。上侏罗至白垩系为一套陆源碎屑建造，分布于区域南部的莱阳一带。新生界为小型盆地沉积，在黄县、掖县境内偶有分布，沉积有煤系地层。

1.1 晚太古宙胶东群

区内胶东群地层出露广泛，在胶东隆起范围内，约占全部出露地层的70%，集中分布于栖霞至招远一线以南，总体走向为东西向，构成栖霞复背斜的核部。

层状岩系的层序 胶东群的层序各家有不同的划分方案，原山东805队将胶东群自下而上划分为蓬乔组、民山组、富阳组三个岩组；山东冶金第三勘探队近年将其自下而上分为五个岩组^①：唐家庄组、旌旗山组、化山组、民山组、富阳组。区内较为通用的划分层序综合于表1-1。

表 1-1

胶 西 北 地 区 地 层 柱

界	系 统 (群)	组	厚 度 (m)	岩 石
新生界				冲积层、玄武质角砾岩、玄武岩
中生界	上白垩统	王氏组	3 100	石英砂岩、粉砂岩、泥灰岩、砾岩
	下白垩统	青山组	2 200	上部为安山岩、熔岩角砾岩、英安岩 下部为紫红色凝灰质砂页岩、砾岩
	上侏罗统	莱阳组	3 770	上部为砂页岩、长石砂岩、含砾砂岩、粉砂岩及油页岩 下部为厚层砂砾岩、夹砂岩及砂页岩
晚元古界	蓬 莱 群	香乔组	96~307	灰岩、泥灰岩
		南庄组	1 133~1 590	板岩、透镜状大理岩
		辅子乔组	548~826	石英岩、板岩
		豹山口组	1 071~1 274	板岩、大理岩、底部砾状石英岩
早元古界	粉 子 山 群	岗嵒组	441	黑云母片岩、二云母片岩、黑云母变粒岩
		巨屯组	876	石墨透闪岩、砂线片麻岩、黑云变粒岩、金云透闪大理岩
		张格庄组	1 277	透闪大理岩、硅质白云大理岩、黑云母变粒岩
		祝家乔组	182	黑云母变粒岩、石英岩、钾长透闪岩
晚太古界	胶 东 群	富阳组	1 838	黑云斜长片麻岩、角闪黑云片麻岩、透镜状斜长角闪岩
		民山组	2 259	石墨黑云片岩、大理岩、黑云变粒岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩
		蓬乔组	11 000	斜长角闪岩、黑云变粒岩夹斜长角闪岩、局部夹磁铁石英岩透镜体

(据八〇五队资料编制)

岩石类型 胶东群地层总厚度达 17 000m，自下而上可分为蓬乔组、民山组和富阳组。构成三组地层的岩石类型主要为斜长角闪岩、黑云母变粒岩和黑云——角闪斜长片

① 山东省冶金地质勘探队第三地质勘探队：山东胶东半岛西北部招掖金矿带成矿地质规律及找矿方向（未刊），1984

麻岩，三类岩石的累积厚度占胶东群总厚度的98%，此外还有零星的片岩和大理岩。蓬奇组主要由斜长角闪岩和黑云变粒岩构成，局部地区夹有黑云母片岩、石墨片岩、磁铁石英岩，总厚度达8500m。民山组以黑云母变粒岩为主，夹有斜长角闪岩，石英片岩等，厚度为6200m。富阳组主要由黑云斜长片麻岩构成，夹部分黑云母变粒岩及少量斜长角闪岩、黑云母片岩、透闪石大理岩，总厚度为2700m。

胶东群中发育有不均匀的混合岩化现象，上部富阳组的混合岩化较弱，下部蓬奇组的混合岩化各地不很均匀，表现明显处可出现注入混合岩、条带状混合岩、眼球状混合岩等，局部地段可见到条痕状混合岩。胶东群各岩组段岩石类型及厚度见表1-2。

表 1-2 胶东群地层组、段划分及其厚度一览表

	组 名	段 名	厚 (m) 度	备 注
胶 东 群 (17 483m)	富 阳 组 (2 702.5m)	黑云变粒岩—片麻岩段	2 702.5	据山东 地质六队
	民 山 组 (6 270.8m)	(4)斜长角闪岩—黑云母变粒岩段	1 376.1	
		(3)黑云母变粒岩—斜长角闪岩 岩段	2 473.5	
		(2)黑云母变粒岩—角闪斜长片 麻岩—斜长角闪岩段	2 219.4	
		(1)含砾石英长石岩段	201.8	
	蓬 奇 组 (8 509.7m)	(4)大理岩—黑云斜长片麻岩— 斜长角闪岩段	4 055.8	
		(3)斜长角闪岩—黑云变粒岩段	1 556.3	
		(2)黑云变粒岩段	882.4	
		(1)黑云变粒岩—斜角闪岩段	2 015.2	

胶东群地层中三种主要岩石类型斜长角闪岩、黑云变粒岩、斜长片麻岩的岩性

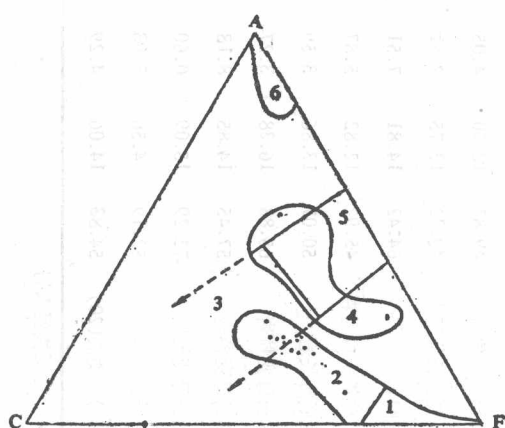


图 1-2 胶东群地层 ACF 图解

(参照 Winkler, 1965)

1-超基性岩；2-基性岩；3-泥质岩；4-硬砂岩；5-泥质岩；6-富铝粘土岩

特征如下。斜长角闪岩，粒度为2~3mm，粒状及斑状变晶结构、条带状及块状构造，主要共生矿物为角闪石，不同层位的斜长角闪岩中，分别含不同数量的石英、黑云母、石榴石、微斜长石等。黑云母变粒岩，颗粒微细，粒度0.2~0.3mm，鳞片变晶结构，块状构造，主要共生矿物为斜长石、石英、黑云母，伴生矿物有角闪石和碱性长石。斜长片麻岩，粒度0.5mm，具花岗变晶结构及片麻状构造，主要共生矿物为斜长石、钾长石、黑云母、石英，伴生矿物有角闪石，石榴子石等。

变质岩的原岩

胶东群地层中主要岩石类型的化学成分见表1-3。表内除28、30、34、36、40等五个样品为变质侵入岩外，其余为变质火山

岩及沉积变质岩石。分别以分子数计算其 ACF 值 (表 1-4)，按表1-4数值投影于爱斯

表 1-3 胶东群地层岩石化学成分表

顺 序 号	原 编 号	岩 石 名 称	岩 石 化 学 成 分 (%)													Σ	
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CO ₂	H ₂ O		烧失
21	13~2	黑云角闪片岩	60.58	15.68	6.52	0.68	0.68	0.21	0.11	5.27	3.20	1.10	4.18	0.12	1.78		100.11
22	8~3	斜长角闪岩	50.16	14.14	4.95	8.57	0.66	0.01	0.23	9.80	6.43	0.43	2.59	0.02	1.61		99.60
23	5~4	绿帘斜长角闪岩	50.00	14.08	4.86	9.58	1.00	0.02	0.24	9.99	6.59	0.50	1.97	0.01	1.50		100.40
24	7~2	辉石斜长角闪岩	49.82	15.73	2.87	8.78	0.60	0.21	0.22	10.92	5.53	0.93	2.90	0.00	1.17		99.68
25	13~6	透辉斜长角闪岩	55.32	15.52	4.51	4.49	0.48	0.06	0.19	9.03	4.92	0.70	3.19	0.06	1.53		99.80
26	17~4	黑云斜长角闪岩	51.52	12.98	4.48	8.63	0.70	0.17	0.20	9.17	6.39	0.90	2.51	0.06	1.72		99.45
27	1	角闪斜长片麻岩	64.08	15.45	2.70	1.92	0.67	0.075	0.073	2.192	1.94	3.00	3.46		1.08	2.40	99.77
*28	40~13	角闪辉石岩	57.96	15.02	2.95	4.23	0.76	0.22	0.08	3.65	3.14	1.50	4.05	1.86	3.15		99.29
29	17~2	角闪二辉麻粒岩	51.40	14.79	2.56	6.78	0.44	0.04	0.18	11.09	8.82	0.60	2.94	0.07	0.67		100.38
*30	△09	角闪岩	49.15	13.19	5.78	8.03	1.10	0.13	0.28	10.88	5.13	2.53	5.19	0.04	1.55		99.45
31	△46	中粒斜长角闪岩	50.24	14.71	3.86	8.22	0.95	0.20	0.22	11.56	5.00	0.46	2.55	0.00	1.30		99.39
32	△53	细粒斜长角闪岩	49.87	13.70	4.05	10.54	1.30	0.20	0.22	10.75	4.80	0.68	2.00		1.78		99.93
33	△65	粗粒斜长角闪岩	49.32	13.75	2.81	9.61	1.05	0.18	0.25	12.31	7.01	0.38	2.19		0.93		99.53
*34	△C ₁₁	角闪岩	64.42	14.81	7.51	1.07	0.44	0.25	0.06	2.87	2.38	0.92	2.88			4.32	99.93
35	△C ₁₄	中粒斜长角闪岩	45.92	12.82	5.87	7.83	1.20	0.15	0.20	10.81	9.94	0.97	2.53	0.01	1.56		99.81
*36	△C ₁₇	变质辉长岩	50.07	13.86	3.59	9.49	1.20	0.22	0.27	11.80	5.09	0.65	1.98		1.41		99.53
37	△C ₁	黑云母变粒岩	65.88	16.38	3.27	1.45	0.42	0.15	0.07	1.50	4.92	1.40	5.06			2.38	99.88
38	△25	黑云母变粒岩	57.45	14.85	8.18	2.31	0.68	0.35	0.13	5.35	3.69	1.49	2.35			3.48	100.31
39	△C ₈	黑云母变粒岩	72.29	15.09	0.60	0.95	0.12	0.05	0.02	1.75	0.35	3.63	3.45			1.19	99.49
*40	△34	变质辉长岩	52.19	4.56	3.93	8.33	0.41	0.25	0.27	11.56	15.39	0.28	0.59		2.01		99.67
21~40号样品(地层)平均值(20)			54.83	14.06	4.29	6.07	0.74	0.16	0.18	7.61	5.56	1.17	0.92	0.25	1.54	2.75	99.77

* 为变质侵入岩

表 1-4

胶东群地层 ACF 值

编号	$\frac{(Al_2O_3 + Fe_2O_3) - (K_2O + Na_2O)}{A^*}$	$\frac{(MgO + FeO + MnO)}{F^*}$	$\frac{CaO - (33P_2O_5 + CO_2)}{C^*}$	Σ	$A^*/\Sigma=A$	$F^*/\Sigma=F$	$C^*/\Sigma=C$	投点所 落区域	恢复的 原岩
21	115.4	90.4	86.25	292.05	39.51	30.95	29.53	3	泥质岩
22	123.3	282.0	173.97	579.27	21.29	48.68	30.03	2	基性岩
23	131.5	300.2	177.57	609.27	21.58	49.27	29.14	2	基性岩
24	115.5	262.5	189.85	567.85	20.34	46.23	33.43	2	基性岩
25	121.6	182.3	158.28	462.18	26.31	39.44	34.25	2	基性岩
26	105.3	281.4	158.24	544.94	19.31	51.64	29.04	2	基性岩
27	80.6	75.8	37.12	193.52	41.65	39.17	19.18	4	硬砂岩
*28	80.3	155.3	16.41	252.01	31.86	61.62	6.51		
29	107.4	315.7	195.01	618.11	17.36	51.08	31.55	2	基性岩
*30	55	242.9	181.23	479.13	11.48	50.70	37.82		
31	122.5	241.6	203.38	567.48	21.59	42.57	35.84	2	基性岩
32	120.2	268.9	187.08	576.18	20.86	46.67	32.47	2	基性岩
33	113	311.1	215.21	639.31	17.68	48.66	33.66	2	基性岩
*34	139.1	74.8	45.26	256.16	53.13	29.20	17.67		
35	111.3	358.4	188.97	658.67	16.90	54.41	28.69	2	基性岩
*36	119.4	262.2	196.55	578.15	20.65	45.35	34.00		
37	84.5	118.5	23.17	226.17	37.36	52.39	10.24	5	泥质岩石
38	143.1	125.4	87.15	355.05	40.24	35.26	24.50	4	硬砂岩
39	56.6	22.1	29.88	108.58	52.13	20.35	27.52	2	基性岩
*40	56.7	501.5	200.26	758.46	7.48	66.12	26.40		
21~40 均值	105.2	225	126.47	456.67	23.04	49.27	27.69		
22~26 31~33 均值	斜 长 角 闪 岩				21.21	46.65	32.27	2	基性岩
37~39 均值	黑 云 母 变 粒 岩				21.21	46.65	32.27	2	硬砂岩

科拉 ACF 图解, 按温克勒 (Winkler, 1965) 圈定的原岩分区, 可知斜长角闪岩类的原岩相当于基性火山岩, 黑云母变粒岩、角闪斜长片麻岩的原岩成分相当于硬砂岩, 黑云母角闪片岩的原岩为泥质岩石。同时求得胶东群中斜长角闪岩 A、C、F 的平均值分别为 21.12, 32.76, 46.65, 黑云母变粒岩的平均值分别为 43.24, 20.75, 36.00, 前者落于基性火山岩区, 后者落于成分相当于硬砂岩的区内 (图 1-2)。由此可见, 整个胶东群地层的原岩相当于地槽型基性火山喷发岩为主并夹有粘土质沉积的火山——沉积建造。

王孔海等研究胶西北胶东群各岩组的原岩后认为, 在民山组和蓬奇组变质火山岩系中含有透镜体状或层状的辉石角闪岩、阳起石透闪蛇纹岩、绿泥石角闪片岩、滑石片岩、角闪黑云母岩和橄榄岩、蛇纹岩、辉石角闪岩等, 其化学成分与科马提岩相似。民山组中为玄武质科马提岩, 蓬奇组中为辉石质和橄榄质科马提岩。因此, 胶东群变质岩系的原岩建造下部为夹有科马提岩的基性火山岩建造, 中部为伴有正常沉积的中——中酸性钙碱性火山——沉积建造, 上部为正常陆源碎屑沉积建造。整个胶东群相当于绿岩

带建造^①。

据统计,胶东群不同岩组中三种主要岩石类型的量比是不同的,蓬乔组总厚8 500m,黑云母变粒岩与斜长角闪岩占总厚度的82.5%,二者之比为1:1。民山组地层总厚度为6 200m,其中黑云母变粒岩与斜长角闪岩占总厚度86.5%,二者之比为2:1。富阳组总厚度为2 700m,其中斜长角闪岩显著减少,片麻岩类占60%以上。按原岩组合,胶东群地层常成一定韵律的互层状产出,以蓬乔组和民山组尤为明显。由此可见,胶东群地层原岩沉积演化的概貌为:地槽初期以间歇的基性火山喷发为主,夹粘土质的正常沉积,二者交替发生,形成底部巨厚的蓬乔组的原岩;地槽中期火山活动减少,以正常的粘土质沉积为主,基性火山沉积为次,间或发生碳酸盐沉积,构成中期民山组的原岩;地槽晚期,火山活动显著减弱,以正常的沉积占绝对优势,形成浅海沉积的硬砂岩建造,构成晚期富阳组的原岩。至此胶西北地区地槽第一旋回趋于结束(表1-5)。

表 1-5 胶东群地层原岩沉积建造演化表

组	岩 类	原 岩 建 造 性 质
富阳组	斜长片麻岩为主偶见斜长角闪岩	泥砂质碎屑沉积建造,夹少量基性火山建造
民山组	黑云母变粒岩为主,伴生斜长角闪岩,偶见黑云母片岩	泥质沉积建造为主,次为基性火山沉积建造及碳酸盐建造
蓬乔组	黑云母变粒岩、斜长角闪岩	基性火山沉积和泥质沉积建造

变质作用强度 区内胶东群地层各类岩石的典型矿物组合,反映出了胶东群在纵向上变质程度比较稳定。由粘土质岩石变质而成的片岩类典型矿物组合为白云母——黑云母,黑云母——石榴子石;由泥砂质岩石变质而成的片麻岩类典型矿物组合为斜长石——黑云母——石英、斜长石——黑云母——石榴子石;由基性火山岩变质而成的斜长角闪岩类的典型矿物组合为黑云母——角闪石——斜长石、角闪石——石榴子石——斜长石。可见胶东群的变质作用强度以中等为主。

角闪石是胶东群各组地层中的遍在矿物。一些学者认为,角闪石的成份随温度增加而变化,恩格尔(Engel)认为,不同变质相中的角闪石所含 TiO_2 和 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 有显著差别。目前,对角闪石的研究表明,钙质角闪石在自然界分布最广,钙质角闪石中 TiO_2 的含量与原岩成分及共生矿物有关。因此,可用以对比变质温度或确定变质相。

角闪石的种类一般是通过化学分析,按角闪石的通式 $(\text{A}_{0-1} \text{X}_{2-3} \text{Y}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_6)$,以O为24作标准计算出的角闪石化学式(即按阳离子原子数)而定的。按阳离子数,角闪石可分为四大类:

(1) $\text{Ca} + \text{Na} < 1.34$

镁铁铝角闪石

(2) $\text{Ca} + \text{Na} > 1.34, \text{Na} < 0.67$

钙质角闪石

^① 王孔海、袁有守、崔光美、韩世珍:山东招远—掖县地区金矿控矿条件,1984

(3) $\text{Ca} + \text{Na} \geq 1.34$ $0.67 \leq \text{Na} \leq 1.34$ 钠钙角闪石

(4) $\text{Na} \geq 1.34$ 碱性角闪石

胶东群蓬乔组斜长角闪岩中,所含角闪石的化学成分见表1-6,相应样品以O为24所计算的阳离子原子数见表1-6。

表 1-6 胶东群蓬乔组中角闪石的化学成分及阳离子数

成 分 序 号	化 学 成 分 (%)												合计
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	P_2O_5	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	灼减	
1	42.75	11.25	5.73	13.52	1.07	0.00	12.21	8.34	1.31	0.86	0.35	2.50	99.89
2	45.88	10.63	4.63	11.18	0.61	0.04	12.68	11.04	1.00	0.76	0.33	1.24	100.02
3	48.63	9.88	4.04	9.03	0.71	0.09	11.97	11.07	1.00	0.95	0.18	2.04	99.55
4	46.00	11.70	3.52	7.27	0.60	0.00	13.62	11.69	0.84	0.88	0.19	2.41	94.72
5	47.25	10.95	3.98	13.43	0.75	0.00	11.74	9.55	1.00	0.12	0.8	0.69	100.24
6	44.25	11.55	4.35	11.92	0.79	0.02	13.62	10.13	0.63	0.60	0.38	1.93	100.19
7	49.90	9.24	5.61	10.24	0.83	0.06	11.35	8.44	0.50	1.00	0.24	1.94	99.53
8	44.93	10.48	4.92	11.54	1.63	0.06	13.30	9.10	1.00	0.80	0.24	2.22	100.22
9	42.50	9.19	8.52	12.98	2.00	0.10	12.32	6.02	1.00	1.26	0.28	2.00	100.17
10	44.37	9.58	4.85	13.03	1.67	0.06	12.32	10.55	0.50	1.00	0.36	1.90	100.00
11	47.20	7.71	4.80	13.19	1.87	0.06	12.22	9.00	0.50	0.96	0.36	1.91	99.86
12	44.67	9.77	5.01	9.58	1.10	0.10	12.91	12.94	1.17	1.03	0.17	1.62	100.02

以O为24计算所得各阳离子原子数

序 号	阳 离 子 数	Si	Al	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Ti	P	Ca	Mg	K	Na	Mn	Ca+Na	角闪石 种类
1		6.741	2.091	0.679	1.738	0.127	0.00	2.063	1.560	0.264	0.263	0.046	0.326	均为钙
2		6.982	1.907	0.53	1.423	0.069	0.009	2.068	2.504	0.194	0.224	0.035	0.292	质角闪
3		7.344	1.759	0.64	1.142	0.081	0.00	1.937	2.491	0.193	0.278	0.018	2.215	石
4		7.02	2.11	0.40	0.93	0.07	0.00	2.23	2.66	0.16	0.266	0.02	2.49	
5		7.129	1.948	0.452	1.695	0.085	0.00	1.898	2.148	0.193	0.211	0.029	2.109	
6		6.809	2.095	0.540	1.534	0.091	0.00	2.246	2.323	0.124	0.185	0.040	2.431	
7		7.55	1.65	0.64	1.32	0.094	0.00	1.84	1.90	0.079	0.29	0.025	2.130	
8		6.94	1.91	0.57	1.49	0.19	0.00	2.20	2.09	0.20	0.24	0.03	2.440	
9		6.71	1.71	1.01	1.71	0.24	0.00	2.09	1.89	0.20	0.39	0.03	2.480	
10		6.866	1.748	0.56	1.686	0.216	0.00	2.011	2.433	0.099	0.30	0.038	2.311	
11		7.29	1.40	0.56	1.70	0.22	0.00	2.04	0.07	0.10	0.29	0.04	2.330	
12		6.83	1.76	0.58	1.22	0.13	0.00	2.12	2.95	0.23	0.31	0.02	2.430	

1-7-斜长角闪岩; 8、10-斜长片麻岩; 9-黑云角闪变粒岩; 11-变质辉绿岩;

12-角闪二辉麻粒岩(7-12 据兰玉琦等, 1982 年)

根 12 个样品计算, 区内胶东群蓬乔组斜长角闪岩中角闪石的 $\text{Ca} + \text{Na}$ 在 2.480~2.013 之间, 均大于 1.34, Na 在 0.185~0.39 之间, 均小于 0.67, 故均属于钙质角闪石。据报道, 钙质角闪石中 TiO_2 含量和一定的变质相有关, 美国明尼苏达角闪麻粒岩相斜长角闪岩的角闪石含 TiO_2 2.24~2.71%, 角闪岩相斜长角闪岩的角闪石含 TiO_2 为 1.10~1.37%, 石榴角闪岩相的角闪石含 TiO_2 平均为 0.56%, 绿帘角闪岩相的

角闪石含 TiO_2 平均为 0.43%。密云地区研究表明，麻粒岩相角闪石含 TiO_2 最大值为 2.35%，角闪岩相角闪石 TiO_2 最大值为 1.56%。区内胶东群蓬奇组斜长角闪石含 TiO_2 为 0.60~2.00%，平均为 1.14%，按同类岩石对比，相当于低角闪岩相。据雷斯统计，角闪石中含 Ti 的原子数总的趋势是随变质强度增高而增高。区内 12 个角闪石样品含 Ti 原子数在 0.07~0.24 之间，数值较分散，其平均值为 0.134，相当于低角闪岩相（图 1-3）。

恩格尔（Engel）在研究阿迪尤达克普通角闪石后，发现麻粒岩相角闪石比角闪岩相角闪石更富含 TiO_2 和 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ，区内角闪石 TiO_2 含量和恩格尔的角闪岩相角闪石近似（图 1-4）， TiO_2 的均值和角闪岩相基本一致，唯 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 偏低。这可能为低角闪岩相的特点，也可能与角闪石的类型有关。

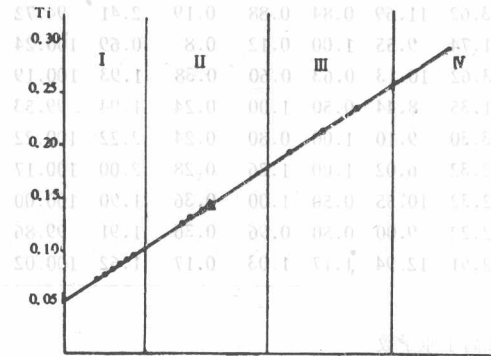


图 1-3 角闪石中 Ti 含量与变质相关系图

I—绿片岩—角闪岩过渡相；II—低角闪岩相；III—高角闪岩相；IV—角闪麻粒岩相
●—为胶东群角闪石中 Ti 含量在雷斯统计线上投点；
△—胶东群角闪石中 Ti 含量的平均值

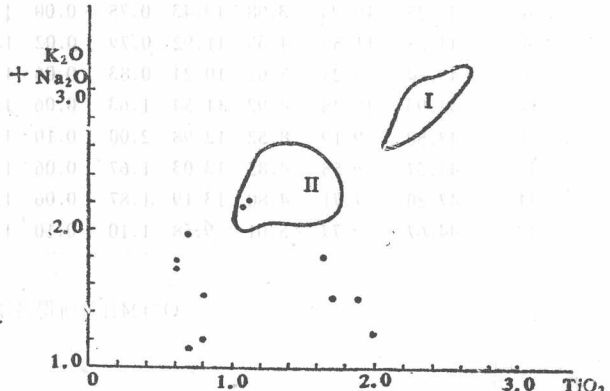


图 1-4 变质岩中角闪石的 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 与 TiO_2 关系图

I—麻粒岩相；II—角闪岩相；
●—胶东群角闪石的投点

同位素年代 余汉茂（1984）于栖霞至桃村间的十八盘采集了胶东群中上部层位的黑云母角闪变粒岩的五个锆石样品，进行铀-钍-铅同位素年龄测定，其测定数据如表 1-7。

表 1-7 锆石铅同位素数据及年龄

样品号	测定场	ppm			铅同位素组成(%)				测定年龄值(10^6)			
		μ	Th	Pb	Pb^{204}	Pb^{206}	Pb^{207}	Pb^{208}	$\frac{\text{Pb}^{206}}{\text{U}^{238}}$	$\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{U}^{235}}$	$\frac{\text{Pb}^{207}}{\text{Pb}^{206}}$	$\frac{\text{Pb}^{208}}{\text{Pb}^{232}}$
31-1	锆石	490	190	256.5	0.083	74.064	14.415	11.438	2404.3	2546.3	2661.4	2556.3
32-2	锆石	450	195	273	0.096	73.226	14.521	12.157	2661.9	2668.1	2672.8	2696.1
33-3	锆石	460	200	299.7	0.168	70.317	14.827	14.643	2667.7	2668.1	2668.6	2845.6
34-4	锆石	490	260	897.3	1.057	37.220	14.789	41.954	2513.2	2576.7	2627.0	4605.6
35-5	锆石	460	200	305	0.169	69.803	14.706	15.322	2723.9	2668.4	2661.9	3151.3

（据余汉茂，1984）

上述五个样品中各组的年龄值接近，锆石年龄为一致年龄，计算铅-铅等时年龄为 $2664.5 \pm 8.9 \text{ Ma}$ ，铀-铅谐和图上的上交点年龄为 2670 Ma ，与铅-铅等时线年龄一

致, 可用此值定为蓬奇组形成年龄, 据此蓬奇组应属晚太古宙^①。

1.2 中元古宙粉子山群

区内粉子山群出露较局限, 主要分布于蓬莱县以东、烟台——福山以南、招远——平度断裂以东、以及掖县粉子山地段, 粉子山群多沿胶东群地层边缘呈线型分布, 与胶东群地层多数呈平行不整合接触。粉子山群的主要岩石类型有: 黑云变粒岩、石英岩、大理岩、片麻岩、二云母片岩等, 在掖县粉子山发育滑石片岩及菱镁矿。

区域东部和南部粉子山群分为四个组(自上而下):

- | | | |
|--------------------------|----------|-----------|
| (1) 岗嵒组: 云母片岩、变粒岩 | 厚 441m | 泥质岩类建造 |
| (2) 巨屯组: 透闪大理岩、片麻岩、变粒岩 | 厚 876m | 碳酸盐—泥砂质建造 |
| (3) 张格庄组: 白云质透闪岩、大理岩、变粒岩 | 厚 1 277m | 碳酸盐—泥岩建造 |
| (4) 祝家奇组: 变粒岩、石英岩 | 厚 182m | 泥砂质建造 |

掖县粉子山地段粉子山群分为两个组:

- | | | |
|--------------------------------|------------|----------|
| (1) 明村组: 上部斜长角闪岩、片麻岩、片岩 | 厚 7 835m | 主要为泥砂质建造 |
| 下部大理岩、滑石片岩、菱镁矿 | 厚 326~455m | 碳酸盐建造 |
| (2) 山张家组: 黑云母变粒岩、大理岩、斜长角闪岩、石英岩 | 厚 411~502m | 泥砂质建造 |

粉子山群的沉积建造与胶东群有所不同, 主要是一套由泥质岩、碎屑岩和碳酸盐岩构成的沉积建造, 火山沉积建造、火山沉积物很少, 属于地槽沉积晚期阶段的产物, 具有冒地槽沉积特征。

粉子山群的典型矿物组合为三组:

- | | | |
|----------------|---|---------|
| (1) 黑云母 + 石英 + | { | 白云母 |
| | | 夕线石 |
| | | 斜长石 |
| | | 斜长石、角闪石 |

(2) 石墨 + 方解石 + 透辉石

(3) 石墨 + 透闪石 + 长石

据矿物组合分析, 粉子山群经受了以中级变质程度为主的变质作用, 属于角闪岩相。粉子山群地层仅在局部地区遭受混合岩化作用, 混合作用程度较弱, 以注入混合作用为主, 形成条带状混合片麻岩。

粉子山群明村组黑云母片岩的 K—Ar 年龄为 1 450Ma (据山东地质六队), 属中元古代后期的产物。

1.3 晚元古宙蓬莱群

区内蓬莱群地层分布零星, 主要出露于福山西南的庙后至高疃一带, 与胶东群呈明显的角度不整合接触。蓬莱群在本区自上而下分四组:

^① 余汉茂: 胶东群蓬奇组锆石年龄及其地质意义, 1984

香奇组—灰岩、泥灰岩；

南庄组—板岩、大理岩；

辅子奇组—石英岩、板岩；

豹山口组—板岩夹大理岩。

蓬莱群总厚度为 3 300~5 100m，略受极浅的变质作用影响，其沉积厚度虽然较大，但从沉积建造、分布及构造特点来看，已具地台型特点，K—Ar 法同位素年龄为 900~1 100Ma，属晚元古代产物。

2. 区域构造格架

胶东隆起位于沂沭断裂东侧，自古生代以来遭受长期剥蚀，由胶东群地层构成的基底构造成为本区地质构造的基础。中生代以来，在基底构造上形成零星的内陆凹陷，沉积有陆相地层，伴随燕山期花岗岩侵入发生的一系列断裂，组成了当今的区域地质构造轮廓。胶东隆起范围的构造特征因地而异，以桃村断裂为界，两侧基底构造迥然不同，东部地区胶东群褶皱紧闭，多呈倒转，基底构造以北东向为特征。西部地区胶东群褶皱较为开阔，基底构造以东西向为典型。

招掖金矿化集中区位于胶东隆起的西北边缘，属桃村断裂以西地段，区内东西向基底构造呈显十分清晰，其中以栖霞复背斜为代表，构成了区内地质构造的基本骨架。它不仅影响了其上盖层的零星分布，而且控制了区内花岗岩类的侵入和产出。对区内金矿床分布具有区域性控制意义。

2.1 褶皱构造

栖霞复背斜呈东西向横贯全区，轴线东起栖霞县以东，为桃村断裂所截，西至掖县以西，濒临渤海，为第四纪所掩，全长约 120km。复背斜自西往东可分三段，楼里头至夏甸一带，复背斜被深家河花岗岩截断，其西所剩无几，属复背斜西段；栖霞县以东，复背斜被大柳家断层所切，其东属复背斜东段；介于夏甸——大柳家之间者属复背斜的中段。

栖霞复背斜的地质特征随地段不同而异，西段全长约 20km，掖县县城坐落于这一地段的北东部，西段复背斜核部由胶东群民山组构成。南翼大部为第四纪掩盖，北翼民山组地层之上不整合有粉子山群地层。复背斜两翼幅宽在此仅有十余公里，显示出整个复背斜向西倾伏的特点。这一地段由于紧邻沂沭断裂，因此轴线的位置和方向与中段不协调，较中段略显南移。由于受沂沭断裂左行运动的影响，轴线在此转折成北东向。本地段粉子山群所在处是区内菱镁矿的重要产地，但缺乏金矿化。

复背斜东段出露局限，长仅十余公里，核部由胶东群上部的富阳组构成，显示复背斜遭受大柳家断层错动后东部有较大幅度的抬升。由于东部受桃村断裂所限，复背斜在这一地段幅宽较小，南翼仅见少量中生代地层不整合于富阳组之上。北翼出露较宽，粉子山群和蓬莱群地层于庙后至豹山口一带呈东西向不整合于复背斜中段的蓬奇组和东段