

矿床专著

贵金属矿产 N°1

山东焦家式金矿地质

张毓璞

文子中

山东省地质矿产局第六地质队

一九八三年五月

矿床专著
贵重金属矿产 No.1

山东焦家式金矿地质

张韞璞 文子中

山东省地质局第六地质队

一九八三年五月

目 录

序 言	1
第一章 区域地质概况	2
第二章 控矿地质条件	7
一、胶东群地层	7
二、玲珑花岗岩、郭家岭斑状花岗闪长岩	12
三、早新华夏系断裂构造	19
第三章 矿床地质特征	23
一、矿体规模、产状及金品位变化	24
二、矿石物质成份、结构构造及矿石类型	30
三、围岩蚀变与成矿作用	40
第四章 矿床成因	44
一、成矿溶液形成时的温度和压力	44
二、成矿溶液的组分和化学性质	45
三、成矿溶液的演化	46
四、成矿物质来源及成矿模式设想	49
第五章 找矿与勘探	53
一、找矿标志与找矿方向	53
二、土壤地球化学测量	53
三、矿床的勘探	58
结 语	60

序 言

山东胶东地区金矿床较多，尤其招远、掖县地区，以盛产黄金驰名中外。

我队在该区从事金矿普查、勘探工作已有二十余年，取得了可喜的地质成果，尤其六十年代中期，突破了石英脉型金矿的圈子，找到了“焦家式”特大型金矿。后又连续找到并评价了一批大、中型金矿，使我省金矿储量有较大幅度的增长，为我国金矿地质工作创出了一条新路子。

“焦家式”金矿，系指断裂构造破碎岩经热液蚀变矿化形成的金矿床。该类型矿床就其产出规模而言，小型到特大型均有，尤以储量近百吨的特大型金矿床最为地质工作者所注目，诸如焦家金矿、新城金矿和三山岛金矿等；并且以其一般规模较大，矿体形态简单，矿石类型单一，矿化连续，品位稳定，可选性好等特点，明显区别于习称的石英脉型金矿。因此，在一九七七年地质部第二次全国金矿会议上正式确认为“焦家式”金矿。

“焦家式”金矿，并非首先发现于山东掖县焦家，而是渤海南城莱州湾畔的三山岛。三山岛金矿区局部露头良好，依据前人资料，我队于1966年1月开展系统的地表地质工作，采集试金样品104个，初步肯定了它的价值，随即投入全面系统的普查勘探工作，并于1969年提交地质勘探报告，探明金矿储量61吨，开创了我国特大型金矿的先例。

三山岛金矿的发现使我队地质工作者们确信：在破碎岩宽达百米，长度数十公里的区域性断裂内是能够储矿的，并且矿床规模往往较大，这就为在区域性断裂带中找矿提供了实例性的启示。焦家金矿区第四系发育，仅有零星露头。1967年我队在掖县焦家村北三华里的龙埠村地带开展普查找矿工作，经地表工程追索，在区域性黄县弧形断裂破碎带中发现有金矿化，结合采矿遗迹和调访群众，遂在焦家村西北经揭露后发现了较好的金矿化，并进而证实了金矿体的存在，随即开展了矿床勘探工作。随着普查找矿工作的深入开展，在该带内又相继发现了新城、马塘金矿，在其派生断裂内发现了河东金矿，为焦家式金矿确立积累了丰富的地质资料。自焦家式金矿发现以来，探明金矿储量迅速增长，截止1980年，山东探明金储量约占全国可单独开采的原生金矿总储量的百分之四十。山东金矿储量的百分之九十以上分布在胶东。胶东金矿储量的百分之九十四几乎都集中在招远、掖县境内，而招、掖地区金矿储量的百分之八十又为“焦家式”所占有。可见，“焦家式”金矿在我国国民经济和社会主义建设中的地位已日趋重要；不仅如此，还为我们增添了一个新的金矿类型，开辟了金矿普查的新领域，在地质理论和找矿实践中都具有重要意义。

本文在概述区域地质的基础上，着重论述胶东群地层、玲珑花岗岩、郭家岭斑状花岗闪长岩以及早新华系断裂构造对“焦家式”金矿的控制作用；然后系统地总结该类型矿床的共同特征、对比它们差异、分析成矿地质作用、探讨成矿物质来源、设想成矿模式；最后简要介绍普查勘探经验教训，以期对今后工作有所裨益。

本文是按照地质矿产部(82)29号文的要求，通过室内外结合的方法，以本队多年来普查勘探积累的地质资料为基础编写的，部分插图由赵惠传、李士先、白光荣、吕以发编制，郭钦香、邵惠兰、蒋光荣同志担任清绘工作。我队朱兆亿、李宏骥、魏新华、李士先，山东

地质矿产局王宝祥、齐克毅等同志对初稿进行了详细审阅并提出了宝贵意见，在室内外工作中还有好多同志付出了辛勤劳动，恕不列名，表示感谢。

一九八三年四月，山东省地质矿产局典型矿床评审组审查通过，参加评审工作的还有地质矿产部陈鑫总工程师、李舒副主任工程师、黄祖树工程师，山东省地质矿产局曹国权总工程师、龙涛处长，在此谨致谢意。

最后，根据评审意见，修改定稿。由于部分测试结果尚未收到，加之编者理论水平有限，不妥之处当属难免，诚望读者指正。

第一章 区域地质概况

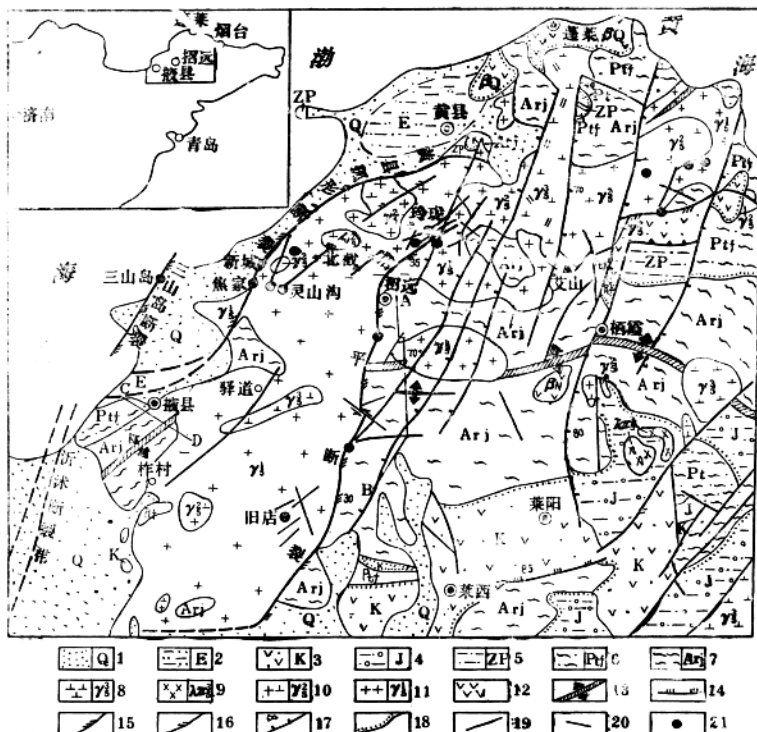


图 山东胶东西北部区域地质略图 1/1000000

1. 第四系 2. 下第三系 3. 白垩系 4. 侏罗系 5. 上元古界蓬莱群 6. 下元古界粉子山群
7. 太古—下元古界胶东群 8. 泰山晚期中长岩 9. 泰山晚期花岗岩 10. 泰山早期花岗岩
11. 印支期—燕山早期花岗岩 12. 上奥陶系 N—笔触系 Q玄武岩 13.
褶皱复背斜轴 14. 东西向压性断裂 15. I级压扭性断裂带 16. II级压扭性断裂带 17. 新华
系压扭性断裂带 18. 不整合界线 19. 性质不明断裂 20. 剖面线位置及编号 21. 金矿体。

山东烟台地区的蓬莱、黄县、栖霞、莱阳、莱西以及盛产黄金的掖县、招远诸县习称胶东西北部。它隶属于中朝准地台的胶辽地盾，抑或新华夏系巨型构造第二隆起带的胶东隆起区（图1）。

胶西北地区所在的胶东半岛显生宙前经历过一个漫长的地槽发展过程，太古一下元古界巨厚的胶东岩群基性火山—碎屑建造成生于地槽的早期阶段，而粉子山岩群碳酸盐建造则是晚期局部地槽阶段的产物。胶东运动（相当于中条运动）造成地槽大规模回返，在局部海槽地带接受了上元古界蓬莱群陆屑碳酸盐沉积。元古代末的蓬莱运动结束了胶东地槽活动历史，自此进入稳定上升的地台发展阶段。燕山运动以来，部分地区断裂活动已相当剧烈，形成大小不等的中生代断陷盆地，并伴随大规模强烈岩浆活动，在盆地内发育了一套层厚近两万米的上侏罗—白垩系陆相碎屑间火山喷发沉积建造。

喜山期构造运动表现微弱。局部地带产生新生断陷盆地，发育内陷湖相沉积；各种复杂成因类型堆积与局部地区基性火山岩喷发见表1、图1。

胶东地区构造运动及地层简表

表1

构造运动	地 质 时 代				地 层			控矿构造
					层 序	厚度(米)	建 造	
喜 山 期	新 生 代	第四纪	全新世	Qh	全 新 统	0—70	滨海、河流相、玄武岩	新华夏系
			更新世	Qp	更 新 统			
		晚第三纪	上新世	N ₂	栖霞玄武岩、唐山砾岩	0—203	河流相、玄武岩	
			中新世	N ₁				
		早第三纪	渐新世	E ₃	黄 县 组	944	湖相含煤碎屑岩	
			始新世	E ₂				
			古新世	E ₁				
		期 山 燕	中 生 代	晚白垩世	K ₂	王 氏 组	6618	
早白垩世	K ₁			青 山 组	5151			
晚侏罗世	J ₃			莱 阳 组	7407	河湖相碎屑岩		
—蓬莱运动— —胶东运动—				J ₂ E				早新华夏系
	晚元古代	Z	蓬 莱 群	4103	碎屑、粘土—碳酸盐岩			
	早元古代	Pt ₁	粉 子 山 群	76500	泥砂质—碳酸盐岩			
	太 古 代	Ar	胶 东 群 ?	22700	基性火山岩—碎屑岩			

胶东西北地区太古一下元古界胶东群地层集中分布于栖霞复背斜核部的栖霞、招远和掖县等地，面积约4000平方公里。地层具明显的韵律性：下部为一套伴有中—基性火山岩的碎屑沉积建造；中部为中基性火山岩、粘土半粘土钙质沉积建造；上部为泥质碎屑建造为主。普遍经受中—高级区域变质作用一角闪岩相，局部出现麻粒岩相。岩性为黑云变粒岩、斜长角闪岩、斜长片麻岩夹大理岩，黑云片岩、局部出现二辉麻粒岩。混合岩化作用较弱，常见条纹带状混合岩。金丰度值较高，是地壳丰度值的6倍，是该区金矿成矿的重要物质来源。侵入底部的伟晶岩 K—Ar 同位素地质年龄17.75亿年。

粉子山群地层总厚度大于4000米，零星出露于栖霞复背斜两翼的掖县、蓬莱、莱西等地。是一套由碎屑岩、碳酸盐、粘土—碎屑岩组成的地槽回返阶段的局部地槽型沉积建造，普遍经受低—中级区域变质作用，属绿片岩相—绿帘角闪岩相。混合岩化作用在底部有微弱表现。顶部岗嵒组疙瘩状黑云片岩 K—Ar 同位素地质年龄12.89亿年。

在不同地区岩相、厚度差别较大，东部蓬莱地域出露齐全，划分为四个岩组，由老至新概述如后。祝家乔组，厚182—659米，长石石英岩、黑云变粒岩、黑云片岩、片麻岩、夹透闪岩、大理岩。张格庄组，厚878—1290米，白云石大理岩、大理岩、透闪岩、滑石片岩、绿泥片岩、黑云片岩、黑云变粒岩、长石石英岩。掖县莱西等地蕴藏具工业价值的石墨、菱镁矿、滑石等矿产。巨屯组，厚466—977米，石墨大理岩、石墨透闪岩、黑云片岩、黑云变粒岩。岗嵒组，厚881—988米，疙瘩状黑云片岩、疙瘩状二云片岩、黑云变粒岩、透闪岩、透闪大理岩。西部掖县地段划分为两个岩组、五个岩段，其中山张家组相当于祝家乔组，明村组相当于巨屯—张格庄组，列于后。

—— 未 见 顶 ——			
明 村 组	第二段	大理岩—透闪片岩段	厚度146米
	第一段	片岩—大理岩段	厚度1134米
山张家组	第三段	长石石英岩—片岩段	厚度427米
	第二段	长石石英岩—斜长角闪岩—大理岩段	厚度407米
	第一段	含磁铁石英岩—变粒岩段	厚度110米

下伏胶东岩群

掖县粉子山群地层金含量从6ppb至40ppb，平均21.38ppb ($n=24$)，其中明村组较高 ($\bar{x}=22.00ppb$ $n=16$)，山张家组略低 ($\bar{x}=20.13$ ， $n=8$)。不同岩性岩石中金含量差别很大，片岩类高达26.71ppb ($n=14$)，大理岩类则降低到10.17ppb ($n=6$)。不同岩组、不同类型岩性岩石内金含量值虽有差异，但总观其金含量是相当高的，达地壳丰度值的5.35倍。

蓬莱群地层零星分布于复背斜北翼的蓬莱、黄县及南翼的莱西等地，属局部海槽型沉积，碎屑、粘土—碳酸盐岩建造。变质作用微弱，局部地段灰岩、泥灰岩尚存，划分为四个

岩组，由老至新概述如后。豹山口组，厚1213米，板岩、千枚岩、大理岩、石英岩。辅子乔组，厚584米，石英岩夹板岩。南庄组，厚1285米，各种板岩、大理岩、顶部板岩夹泥质白云质灰岩。香乔组，厚1021米，泥灰岩、灰岩、含古藻类化石。

中生界上侏罗—白垩系地层是燕山期地台活化的产物，主要发育在南部莱阳断陷盆地的莱阳、莱西一带。

上侏罗系莱阳组是断陷盆地成生和发展初期沉积范围逐渐扩大的河湖相碎屑沉积建造。厚达1487—7407米。下部岩性以硬砂岩、砂砾岩为主，次为砾岩和页岩；中下部岩性为砂岩、砾岩、局部夹页岩及泥灰岩透镜体；中上部为粉—细砂岩、长石石英砂岩、砂砾岩、页岩夹泥灰岩、砂岩，局部见玄武岩，有油页岩和煤的赋存迹象，丰富的动物、植物化石集中产于这一层位，上部为砂岩、砂页岩、长石石英砂岩、砾岩。

下白垩系青山组是断陷盆地内火山活动发生—发展—衰亡历程中形成的火山岩系，厚达550—5151米。下部为凝灰质含砾长石石英砂岩夹粉砂岩、页岩及数层安山质玄武岩、安山质流纹质凝灰岩。中部为一套火山岩流，由安山岩、安山玄武岩、橄榄玄武岩、英安岩、流纹岩、凝灰岩组成，夹熔岩角砾岩、凝灰岩砾岩、凝灰砂岩及砂砾岩。上部由中酸性火山碎屑岩与沉积岩组成，岩性有中性及酸性集块岩、凝灰质角砾岩、流纹岩、流纹—安山岩与凝灰质砂砾岩、砂岩、粉砂岩、粘土岩。产爬行类动物化石。

上白垩系王氏组，厚1196—5618米，是一套红色陆相碎屑沉积岩夹中基性火山岩建造。下部为砂岩、砂砾岩夹薄层砂岩、安山质凝灰砂岩。中部主要为粉砂岩、粉砂质粘土岩、泥质灰岩和砂砾岩，局部有安山岩、安山玄武岩、辉石玄武岩、橄榄玄武岩夹层。上部是含砾粗石英砂岩、砂岩与粉砂质粘土岩互层，紫红色粉砂岩中产恐龙和腹足类化石。

新生界的陆相沉积、火山岩建造分布在新生代断陷盆地及海滨与河流地带，发育比较齐全。

下第三系黄县组，隐伏在黄县断陷盆地内，属内陆湖相含煤和油页岩碎屑沉积，厚度331—944米。下部为砂砾岩夹泥岩。中下部是由砂岩、泥岩、泥灰岩、炭质页岩及油页岩、褐煤层组成的煤系建造，动物、植物化石丰富。中上部以泥岩为主夹泥灰岩、粉砂岩。上部为砂岩与泥岩互层。

上第三系地层零星分布于栖霞等地，下部为河流相砂砾岩—唐山砾岩；上部为玄武岩。

第四系为河流相、海滨相、湖相沉积堆积以及基性火山岩。

太古、元古代成生发育起来并基本定形的东西向栖霞复背斜是胶西北地区的地质构造骨架。燕山运动则以强烈的断裂构造活动为特征，它不仅对东西向构造带起到一定破坏作用，而且控制着中生代断陷盆地的形成和发展，控制着中生代剧烈岩浆活动和有色金属矿产的形成；主要构造型式为早新华夏系断裂构造，新华夏系断裂构造，以及邻区的华夏式断裂构造。

分布在胶东岩群内的超基性—基性岩是太古—元古代时期以不同的方式形成的侵入体，而玲珑花岗岩、郭家岭斑状花岗岩闪长岩以及成生时期稍晚的艾山岩体等是中生代的产物。

玲珑花岗岩，分布于招远北部，掖县东部，总面积约3000平方公里，在空间分布上受区域性东西向和东北向双重构造控制。与围岩接触呈渐变过渡，突变和断层接触关系。

1、渐变关系，在黄县大陈家至王宫顶，大顶至山前乔家一带，玲珑花岗岩与胶东群斜

长角闪岩呈和谐的过渡关系，由变质岩向岩体可分为：混合岩化斜长角闪岩、条带条纹状斜长角闪岩、条痕条纹状斜长角闪岩、均质混合岩、玲珑片麻状花岗岩（图2）。

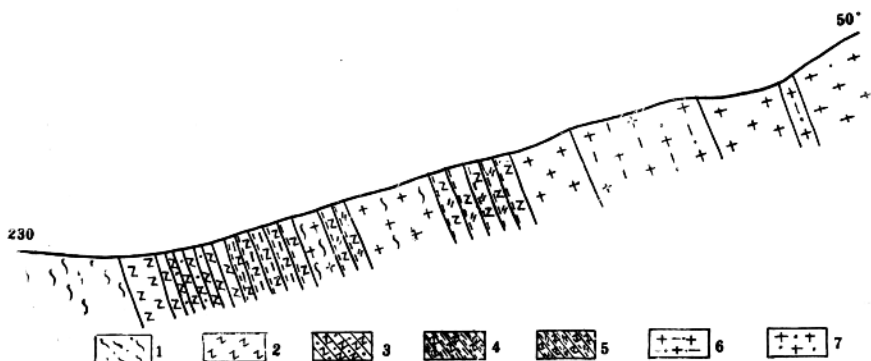


图2 玲珑片麻状花岗岩与斜长角闪岩渐变带

1. 黑云斜长片麻岩 2. 斜长角闪岩； 3. 条痕状斜长角闪岩； 4. 条带条纹状斜长角闪岩；
5. 条痕条痕状斜长角闪岩； 6. 均质混合岩； 7. 玲珑片麻状花岗岩；

岩层产状稳定，走向为 $310-320^\circ$ ，倾向北东，倾角较陡，在平度大王头见片麻状花岗岩与片麻岩、片岩呈渐变过渡关系。

2、突变关系：招远城东北风山岩体斜切胶东群地层，呈枝叉状、锯齿状接触，与其接触的斜长角闪岩有轻微的热变质现象。在毕郭西北公路旁也见突变关系，近接触带的围岩发育有大量的伟晶岩脉，在掖县蒋家村东也可见到岩体边部粒度有变细现象，并超覆于变质岩之上（图3）。

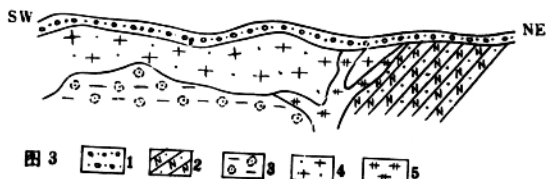


图3 玲珑中粗粒花岗岩与围岩突变关系
并有超复现象（掖县蒋家）

1. 第四系； 2. 混合岩化斜长角闪岩； 3. 古基性-超基性岩体； 4. 玲珑中粗粒花岗岩； 5. 伟晶岩脉。

3、断层接触：在招远东化肥厂附近见玲珑花岗岩与胶东群地层呈断层接触关系。沿接触带有厚1—3米的蚀变岩带。岩体中可见种类繁多、大小不均的胶东群地层残留体。其空间排列，与花岗岩的片麻理基本一致。

郭家岭斑状花岗闪长岩（ r_6^2 ）形成于玲珑花岗岩之后（照片4）。分布于栖霞、招远、掖县北部、呈近东西向带状展布，以岩株、岩枝和岩基状产于玲珑花岗岩北侧。与玲珑花岗岩相比，在地质特征上是一致的，而在具体岩性上，既有共生也有差异，与玲珑花岗岩呈突变接触关系并显示等温接触的特点（照片4）。接触面不见冷凝边和烘烤边等现象。

上述两岩体在空间分布和生成时间上与金矿关系密切，是金矿的直接围岩，在金矿成矿作用中起主导作用。

第二章 控矿地质条件

焦家式金矿的控矿条件有三，即以胶东群为矿源层，玲珑花岗岩和郭家岭斑状花岗闪长岩，在成矿作用中起主导作用，早新华夏系断裂构造是矿床形成的直接定位因素。

一、胶东群地层

胶东群地层，根据前人资料自下而上，分为三个组，即蓬乔组、民山组、富阳组。本文按1980年工作成果资料，对招远及其南部地区的胶东群地层仍做三分，并沿用原来的建组名称如图4所示。

在剖面控制范围内，按各组地层的岩性组合特征，将蓬乔组划为四个岩段，民山组四个岩段，富阳组合为一个岩段。各组段名称及相应的地层厚度列于表2。

胶东群地层组段划分及厚度一览表

表2

组 名	段 名	厚度（米）	备 注
富阳组	黑云变粒岩—片麻岩段	2702.5	
民山组	斜长角闪岩—黑云变粒岩段	1376.1	合计厚度 17483.0米
	斜长角闪岩—黑云变粒岩段（混合岩化作用较强烈）	2473.5	
	黑云变粒岩—角闪斜长片麻岩—斜长角闪岩段	2219.4	
	含砾石英长石岩段	201.8	
蓬乔组	大理岩—黑云斜长片麻岩—斜长角闪岩段	4055.8	
	斜长角闪岩—黑云变粒岩段	1556.3	
	黑云变粒岩段	882.4	
	黑云变粒岩—斜长角闪岩段	2015.2	

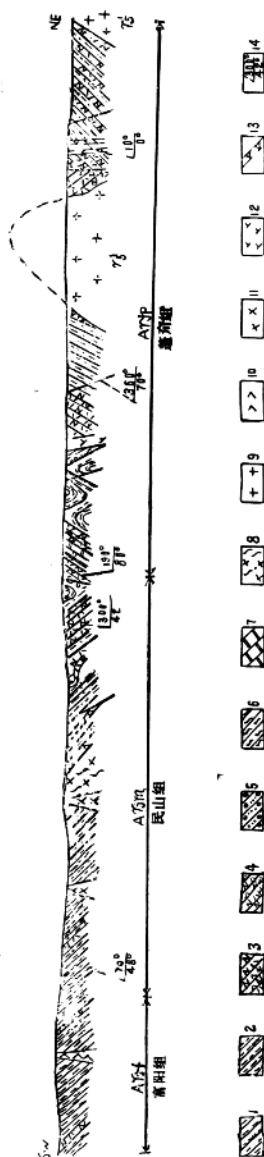


图4 山东招远——莱西胶东群地质剖面图

1 变粒岩 2 片麻岩 3 长角闪岩 4 含辉石斜长角闪岩 5 含磁石长角闪岩 6 片岩 7 大理岩 8 混合岩 9 花岗岩 10 辉石杆岩 11 辉长岩 12 辉绿岩
13 辉绿岩 14 辉绿岩
(1:250000)

1、岩性基本类型及其分布：胶东群地层岩性基本类型包括变粒岩、斜长角闪岩、片麻岩、片岩、大理岩、磁铁石英岩、石英长石岩七类，它们在整个地层中的分配是很不均衡的（如表4）。黑云变粒岩、斜长角闪岩、斜长片麻岩总厚度达16930.9米，占地层总厚度的97.84%。

各类岩性在地层中的分配情况统计表

表 3

岩 性 类 别	综 合 厚 度 (米)	占总厚度的百分率(%)
黑 云 变 粒 岩	8074.0	46.18
斜长角闪岩、含辉石斜长角闪岩	5422.5	31.02
黑云角闪斜长片麻岩 黑云斜长片麻岩 角闪斜长片麻岩	3434.4	19.64
黑云斜长片岩 黑云角闪片岩 黑云片岩	256.5	1.47
大 理 岩	46.8	0.27
磁 铁 石 英 岩	47.0	0.27
石 英 长 石 岩	201.8	1.15

在蓬乔、民山、富阳各组地层中，不同的岩性类型的分配量也是不均衡的，但仍以黑云变粒岩、斜长角闪岩占优势，其中蓬乔组黑云变粒岩与斜长角闪岩分布量很接近，两者之和约占82.4%，民山组地层内黑云变粒岩与斜长角闪岩之量比约为2:1，两者之和占86.81%。富阳组地层内斜长角闪岩分布量显著减少，以片麻岩占优势达60.04%。

2、原岩恢复和变质相：上述原岩建造具多旋回的特征，在各岩组段内小旋回亦明显存在，主要表现为中性—基性火山岩的多次重复，而酸性火山岩甚少。其中夹有相当数量的沉积碎屑岩及少量的碳酸盐岩石。根据岩石化学数据（表4），恢复原岩，在西蒙南（ $al+fm$ ）—（ $c+alk$ ）:si图解中，斜长角闪岩投影点集中于基性火山岩区；片岩、片麻岩投影点落于泥岩和砂岩区；变粒岩投影点，部分在泥岩区，部分在中性火山岩区（图5），其中斜长角闪岩在利克c:mg关系图解中，其投影点的分布也同样表现为基性火山岩的分布特点（图6）。

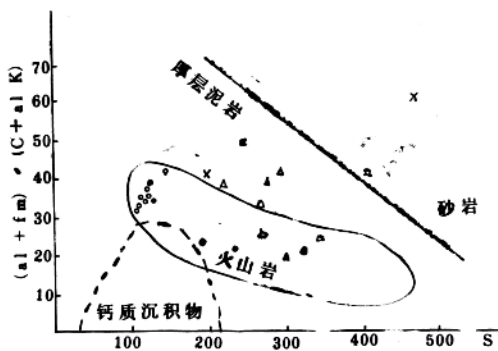


图5 $(al + fm) \cdot (C + alk)$ Si 图解
(据 Si: monen 1953)

● 斜长角闪岩, Δ 黑云变粒岩 $\square$ 黑云斜长片麻岩
× 黑云母片岩 (或白云母片岩)

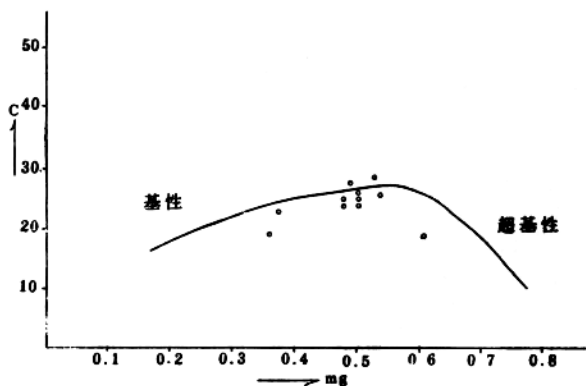


图6 $C: mg$ 图解 (据 Leak 1964)

前寒武纪的基性岩浆活动,在本区有明显反映,出现很多大小不等的变基岩—超基性的岩床、岩株和岩脉,其原岩结构局部尚有保留。

胶东群地层的变质年龄 由斜长角闪岩中的角闪石和黑云斜长片麻岩中的黑云母测得的K—Ar年龄为17.21亿年。区域变质程度属角闪岩相,部分可达角闪麻粒岩相变质,出现了紫苏辉石、矽线石等高温变质矿物。普遍经受区域变质作用和混合岩化作用(照片1)。但变质程度表现了不均衡的分布特点。

通过对不同变质岩石类型的熔化温度实验得知,熔化温度的改变随变质相及其岩石类型而异,变质过程中, H_2O 的活度影响着岩石的熔化温度,即熔化温度随 H_2O 含量的增多而降低,其熔化实验结果如表5。

不同岩石类型熔化温度实验结果表

表5

岩石类型	变质强度	初熔温度与压力		
		2kb	1.5kb	1kb
含辉石斜长角闪岩	麻粒岩相	740℃	750℃	800℃
斜长角闪岩	角闪岩相	700℃	715℃	745℃
角闪黑云片麻岩	角闪岩相	680℃	690℃	730℃

长春地质学院

3、地球化学特征

对地层中主要类型岩性的49个样品分别测定了金、银丰度值,同时做了光谱半定量全分析、光谱分析结果中有确切含量值报出(占样品总数75%以上)的元素共11种,这些元素及金、银的平均丰度值列于表6,数据说明胶东群地层中的微量元素与地壳丰度值存在一定差

某些元素丰度值

表6

元素 丰度值 ※ ₁	Au	Ag	Ba	Mn	Pb	Cr	Ti	Zr	Zn	Sr	Cu	Ga	Ni
地层													
胶东群 (n=49)	22.91 (n=64)	21.22	327	516	24	168	2337	73	104	82	136	10	93
※ ₂ 地壳	4	80	390	1300	12	110	6400	130	94	400	63	18	89

※₁单位:金、银ppb其它元素ppm;

※₂据黎彤(1976年)

别，其中明显高于地壳丰度值的元素有Au、Pb、Cu、Cr，显著低于地壳平均丰度值的元素有Mn、Ti、Zr、Sr、As；其余元素丰度值很接近。金(Au)的丰度值从3ppb—75ppb，标准离差 $\delta x = 14.57\text{ppb}$ ，变异系数0.6362。在不同类型岩性的岩石中。金的分布存在明显差别，其中变粒岩最高，片岩最低。

变粒岩 → 片麻岩 → 斜长角闪岩 → 片岩
 27.31(n=26) 26.60(n=11) 16.50(n=20) 8.00(n=3)

(单位: ppb)

在不同层位中金的丰度变化具有明显的规律性，表现在两个方面：

(1) 从低层位到高层位金的含量明显递增(单位ppb)：

蓬乔组 → 民山组 → 富阳组

14.18(n=28) 23.47(n=17) 35.26(n=19)

(2) 有数据可资对比的变粒岩、片麻岩、斜长角闪岩，三种岩性中金的含量值也明显的随着层位的增高而明显的递增(如表7)。

各组地层中主要类型岩石平均含金量一览表

表7

级 别 平均含量 ppb 岩 性	蓬 乔 组	民 山 组	富 阳 组
变 粒 岩	20.00 (n=8)	26.83 (n=6)	34.42 (n=12)
片 麻 岩	13.40 (n=5)	21.50 (n=4)	41.00 (n=6)
斜长角闪岩	12.17 (n=12)	21.71 (n=7)	35.00 (n=1)

4、地层与金矿化的关系：

胶东群变质岩系中金的丰度值为地壳丰度值的6倍。且厚度大、分布广，是本区特有的高金背景区，金矿化发育普遍，金矿点较多，留村、马家窑等中型金矿就赋存于该地层中。可以认为，胶东群变质岩系与金矿关系密切，为金矿成矿准备了物质条件，我们称它为金矿的矿源层。

二、玲珑花岗岩、郭家岭斑状花岗闪长岩

玲珑花岗岩(包括玲珑、华山、毕郭、栾家河、郭家店岩体)郭家岭斑状花岗闪长岩(包括郭家岭、南围、北截、上庄岩体)如图7。岩体中残留体或残影体较常见，尤以玲珑花岗岩中为最发育，如照片2、3。

1、玲珑花岗岩

玲珑花岗岩的实测矿物含量，在国际分类三角图中的投影点位置，落在二长花岗岩区(图8)，总的看其投影点位置不太集中，但属于花岗岩的范畴。

根据诸岩体的矿物组构等特征,可分为三种岩性即:中粗粒花岗岩,以栾家河岩体为代表,中粒片麻状花岗岩以玲珑岩体为代表,在该岩体的顶部或边部可见含石榴石中细粒花岗岩,它们之间均为过渡关系,如图9,故仍把它们视为一个岩体。但岩性不均一,岩石类型多,暗色矿物含量和结构构造变化较大,各种交代现象十分发育,其矿物成分、颗粒大小等岩性变化特点如表8。

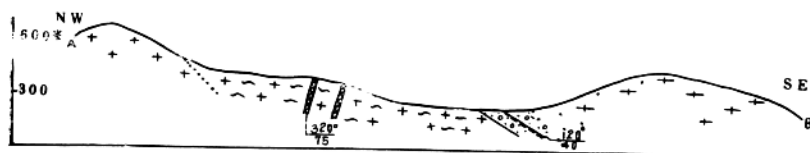


图9 1 2 3 4 5

玲珑花岗岩诸岩体和岩性间过渡关系示意图

1 含石榴石细粒花岗岩; 2 中粒片麻状花岗岩 (玲珑岩体); 3 中粗粒花岗岩 (栾家河岩体); 4 断裂构造带; 5 金矿脉

玲珑花岗岩岩性特征

表8

岩性 特征 变化 情况	矿物成分						矿物 颗粒	岩石 结构	岩石 构造	伟 晶 岩	残 留 体	矿物包裹体
	斜 长 石	钾 长 石	石 英	付 矿 物	锆 石	斑 晶						
中粗粒花岗岩	低	低	高	独居石	浅褐黄色	少	中粗	花岗结构	块状	不发育	少	熔体包裹体 可见少量 气液相包裹体
中粒片麻状花岗岩	高	高	低	褐帘石	无色浅黄色	多	中	花岗变晶结构	片麻状	较发育	多	
含石榴石 中细粒花岗岩	低			石榴石		少	细					