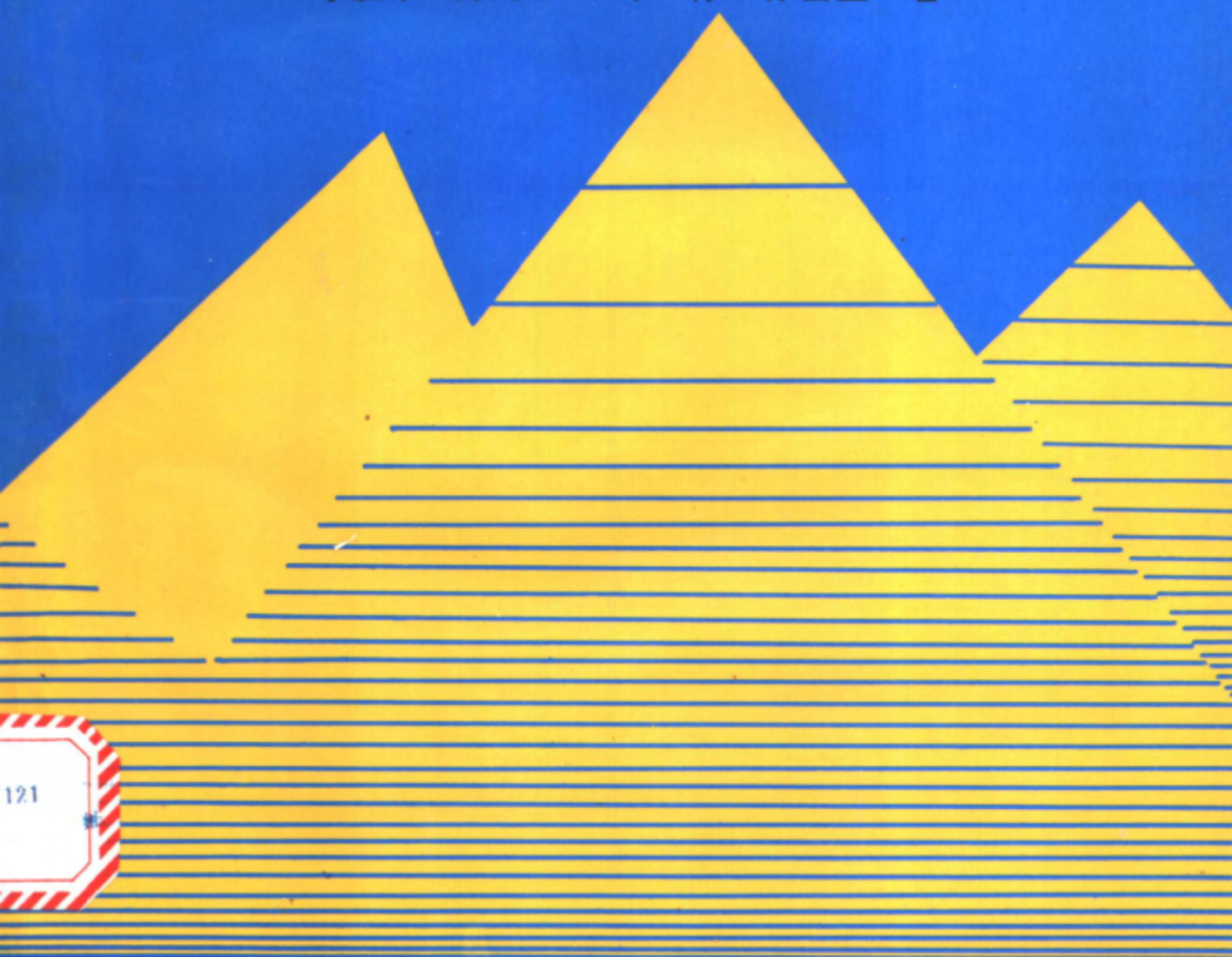


胶东乳山金矿田 成因矿物学

李胜荣 陈光远 邵伟 孙岱生 著



地质出版社

ISBN 7-116-02035-7



9 787116 020351 >

ISBN 7-116-02035-7
P • 1536 定价: 13.00 元



胶东乳山金矿田成因矿物学

李胜荣 陈光远 邵 伟 孙岱生 著

地质出版社
· 北 京 ·

内 容 简 介

乳山金矿田是胶东牟平—乳山地区最重要的金矿田之一。本专著作者从区域成矿背景研究入手,用成因矿物学的理论和方法,综合其他学科,论述了胶东群和荆山群并存对金矿成矿的重大意义;阐明了崑崙山岩体是重晶石矿、黄铁矿型硫铁矿,尤其是富硫化物型金矿成矿的有利地质体;指出 NNE 向断裂有利于大型石英脉充填型金矿的发育;对构造控矿机理和脉状矿体侧伏预测方法进行了探索;提出黄铁绢英岩化带过于宽广不利于形成工业矿体;确认了两个成矿期的存在;填制了 10 幅矿物学图件,揭示了金青顶 I 号矿体富矿段近等距分布规律和出现第四富矿段的可能性。通过胶东招掖带和牟乳带的对比,提出了有利的金矿成矿远景。

本书可供矿物学、岩石学、矿床学、地球化学等相关专业理论研究人员及区域和矿山地质找矿人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

胶东乳山金矿田成因矿物学/李胜荣等著. —北京:地质出版社, 1996. 5
ISBN 7-116-02035-7

I. 胶… II. 李… III. 金矿床-矿物成因论: 矿物学-中国-山东 N. P618.510.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 21781 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:王章俊 李方明

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 7.875 字数: 175 千字

1996 年 5 月北京第一版·1996 年 5 月北京第一次印刷

印数: 1—300 册 定价: 13.00 元

ISBN 7-116-02035-7
P·1536

前言

胶东自古以来便为我国重要产金区,牟(平)-乳(山)地区采金历史悠久。隋文帝开皇18年(公元598年)已在此开采脉金,隋炀帝大业年间(公元605—616年)至唐太宗贞观年间(公元627—649年)已在此开采砂金。胶东西部招掖成矿带在北宋中期才开始开采,故牟乳地区较招掖地区采金历史至少早350年。北宋元丰元年(公元1078年)登、莱二州黄金产量已占全国产量89.5%,其中莱州即包括今莱州、招远,登州即包括今牟平、乳山。元代(公元1206—1368年)又曾在牟平金牛山采金(陈光远等,1989)。

陈光远基于对胶东采金史的考察和金矿成矿规律的研究,认为胶东东部牟乳成矿带与西部招掖成矿带同样具有良好的成矿地质条件,解放以来之所以出现金矿开采落后的局面,是由于对该区资源潜力和控矿条件研究不够所致。为了促进该区金矿地质和矿业的发展,1990年特向地矿部科技司申请了“金牛山断裂带金矿成因矿物学与找矿矿物学”及“成因矿物学学科生长点”科研项目,对本区金矿地质展开了进一步研究。本专著就是牟乳成矿带南段乳山金矿田研究成果的一部分。

乳山金矿田位于山东省乳山市和牟平县境内,由金青顶、双山子和福禄地等矿区组成,主要产有富硫(S品位7.86%—12.36%)石英脉型金矿。其中,金青顶矿区铁帽过去曾被当作铁矿开采,地表仅有微弱孔雀石化。山东冶金地质勘探三队1966年开始勘探,并于1970、1973、1989年三度提交勘探报告。乳山县地质队于1981—1982年也施工了部分钻孔。现冶金地质勘探三队的勘探工作仍在进行,矿床规模已达到大型。

解放初,赵家骧等(1950)对金牛山金矿进行了研究,对金的成矿背景和成矿作用提出了很有启发性的见解。1962年长春地质学院、1968年和1986年山东省地矿局分别提出本区变质地层的建群建组方案。近年来,山东省地矿局、山东冶金地质勘探公司、沈阳地矿所、天津冶金地质研究院、冶金部物化探所、南京大学、长春地质学院、中国地质大学等单位众多学者分别从不同角度对本区金矿成矿地质背景、成矿作用地球化学和找矿远景作了深入研究,但未开展成因矿物学与找矿矿物学研究,仍不利于总结点上经验,以便在面上推广。

1988—1989年,中国地质大学邵伟、陈光远和孙岱生指导硕士生李仕荣首次在乳山金矿金青顶矿区开展了系统深入的成因矿物学与找矿矿物学研究,在-235m中段以上,用石英热发光、黄铁矿形态和热电性参数作了矿物学填图,取得一系列金矿成因矿物学信息与找矿矿物学标志,作出了贫富矿段相间出现和-235m以下远景良好的判断,填补了本区金矿成因矿物学与找矿矿物学研究的空白,但控矿条件和区域成矿背景方面的成因矿物学研究还有待进一步深入。

在前人工作基础上,本书作者1990年开始,紧密围绕乳山金矿成矿规律与找矿开展了研究。所取得的新进展及主要结论如下:

(1)本区变质岩结晶基底中,不仅胶东群因含大量斜长角闪岩等中基性变质火山岩,是金的主要矿源层,而且荆山群中多层大理岩和铁矿层的存在,在后期地质事件中对金等成矿元素的活化迁移起了催化剂作用,是构成金矿中大量黄铁矿和菱铁矿的物质来源。

(2) 根据成因矿物学、岩石化学和地球化学研究, 确认昆崙山岩体为钙碱性二长花岗岩, 属深成 I 型磁铁矿系列, 是重晶石矿、黄铁矿型硫铁矿, 尤其是富硫化物高品位石英脉型金矿成矿的有利地质体。

(3) 本区成矿前主要有 NNE 和 NE 向断裂, 其中 NNE 向断裂的产状陡立, 切割很深, 构造-岩浆活动十分强烈, 有利于大型石英脉充填型金矿的发育。

NNE 向断裂在热液成矿过程中继续活动。据乳山金矿田所在将军石断裂的研究, 其活动主要分为两期, 成矿晚期构造-热液活动强度与早期相当。

成矿后主要形成 NW 向左行张扭性断裂。

(4) 进行了矿床矿物组合填图和蚀变带的划分; 查明由乳山金矿围岩原岩向矿体依次发育红化(即赤铁矿化和金红石化)带、绢英岩化带和黄铁绢英岩化带。蚀变岩地球化学研究表明, 红化带为成矿元素迁出带, 黄铁绢英岩带为其开始沉淀带。提出各蚀变岩的热发光和磁化率标型。

(5) 以构造和最新勘探采矿资料为依据, 重新编制了矿体厚度和品位等值线图。查明金青顶 I 号矿体富矿段分布主要受断面倾向变化控制, 沿 NE 侧伏向近等距出现, 其形态受 N 倾和 S 倾二组裂隙系统制约。

(6) 首次发现并确立石英镜铁矿阶段和石英绿泥石阶段, 提出新的成矿阶段划分方案。将热液成矿过程分为早晚两期, 早期以石英-黄铁矿-菱铁矿组合为特征, 晚期以镜铁矿-多金属硫化物-方解石组合为特征, 指出两期物质的叠加是大矿的标志。

(7) 对昆崙山岩体、乳山金矿蚀变带钾长石、斜长石、云母和矿体中石英、黄铁矿和金银系列矿物进行了成因矿物学与找矿矿物学研究, 建立了其成因和找矿标型。用石英流体包裹体分布密度、包体均一温度、 CO_2 和 H_2O 相对光密度及其比值、热发光积分强度和环带韵律数、黄铁矿形态得分值 X_{py} 、P 型出现率及其热电系数均值为参数作了 10 幅矿物学填图, 进一步揭示了金青顶 I 号矿体中富矿段近等距分布机理和规律以及 -700m 以下 21 线附近出现第四富矿段的可能性。

(8) 经综合评价, 认为牟乳地区具有十分有利的金矿成矿的地层、构造、岩浆岩和热液活动条件, 其成矿潜力远未得到开发, 经进一步系统研究和勘查, 可望在黄金储量和产量两方面取得重大突破。

本专著系由李胜荣博士论文(1992)增删修改而成。论文经地科院矿床所宋叔和, 中科院地质所叶大年, 中科院地化所高振敏、王联魁, 有色金属总公司北京矿产地质研究所冯建良, 冶金部天津地质研究院石连汉, 武警黄金指挥部张鸿禧, 山东省地矿局曹国权, 招远黄金集团公司孔庆存, 乳山金矿王殿儒, 北京大学曹正民, 河北地质学院于耀先, 中国地质大学王濮、邵洁涟、黄华盛、赵崇贺、池三川、任建新、陈代璋、赵磊、杜杨松等专家审阅并提出宝贵的修改意见。研究工作得到地矿部科技司, 乳山、三甲、胡家口、胡八庄、福禄地、铜岭、铜锡山等金矿, 乳山县(现乳山市)黄金公司, 威海市黄金公司, 山东冶金地质勘探公司等单位领导和工程技术人员及鲁安怀、杨立信、桂志利、梁崇标、潘玉成、初风友、宋玉国、任进、阎欣、曹守连的热情支持。出版工作承蒙高振敏研究员大力帮助。作者谨向他们表示衷心的感谢。

1995 年 10 月

目 录

第一章 区域地质背景研究	(1)
第一节 地层	(1)
第二节 岩浆岩	(3)
第三节 构造	(8)
第四节 矿产	(14)
第二章 矿田地质研究	(15)
第一节 概况	(15)
第二节 围岩蚀变	(16)
第三节 矿床特征与成矿阶段划分	(19)
第三章 昆崙山岩体、乳山金矿田蚀变带及其他中酸性岩成因矿物学研究	(25)
第一节 钾长石	(25)
第二节 斜长石	(34)
第三节 云母族	(40)
第四章 乳山金矿田石英成因矿物学研究	(52)
第一节 总体特征	(52)
第二节 形态与微形貌	(53)
第三节 化学成分	(55)
第四节 流体包裹体	(58)
第五节 H_2O 和 CO_2 相对光密度	(64)
第六节 晶胞参数	(67)
第七节 天然热发光	(69)
第八节 环带结构	(72)
第九节 小结	(76)
第五章 乳山金矿田黄铁矿成因矿物学研究	(78)
第一节 产状	(78)
第二节 形态与微形貌	(78)
第三节 化学成分	(82)
第四节 晶胞参数	(87)
第五节 热电性	(89)
第六节 环带结构	(93)
第七节 小结	(96)
第六章 乳山金矿田金银系列矿物特征	(98)
第一节 矿物种及一般特征	(98)
第二节 化学成分	(100)

第三节 成因与找矿信息·····	(100)
第七章 矿床成因探讨·····	(102)
第一节 成矿时代·····	(102)
第二节 成矿物质来源·····	(102)
第三节 成矿物化条件·····	(104)
第四节 矿床成因模式·····	(105)
第八章 找矿标志与成矿远景评价·····	(107)
第一节 找矿标志·····	(107)
第二节 成矿远景评价·····	(110)
英文摘要·····	(112)
参考文献·····	(114)

CONTENTS

Chapter 1	Regional Geology	(1)
1	Stratigraphy	(1)
2	Igneous rocks	(3)
3	Structure	(8)
4	Mineral resources	(14)
Chapter 2	Geology of Rushan Gold Field	(15)
1	General geology	(15)
2	Wallrock alteration	(16)
3	Characteristics of ore deposits and periods of mineralization	(19)
Chapter 3	Genetic Mineralogy of Kunyushan Adamellite, Altered Wallrocks of the Gold Deposits and Other Intermediate-acid Igneous Rocks	(25)
1	K-feldspar	(25)
2	Plagioclase	(34)
3	Mica group	(40)
Chapter 4	Genetic Mineralogy of Quartz from Gold Deposits	(52)
1	General features	(52)
2	Morphology	(53)
3	Chemical composition	(55)
4	Fluid inclusions	(58)
5	Relative optical densities of H ₂ O and CO ₂	(64)
6	Cell dimension	(67)
7	Thermoluminescence	(69)
8	Zonal structure	(72)
9	Conclusion	(76)
Chapter 5	Genetic Mineralogy of Pyrite from the Gold Deposits	(78)
1	Occurrence	(78)
2	Morphology	(78)
3	Chemical composition	(82)
4	Cell demension	(87)
5	Thermoelectricity	(89)
6	Zonal structure	(93)
7	Conclusion	(96)
Chapter 6	Characteristics of Au-Ag Series Minerals from the Gold Deposits	(98)
1	Species and general features	(98)

2	Chemical composition	(100)
3	Genetic and prospecting information	(100)
Chapter 7	Discussion on genesis of the gold deposits	(102)
1	Age of mineralization	(102)
2	Sources of ore-forming materials	(102)
3	Physico-chemical condition of mineralization	(104)
4	Genetic model of the gold deposits	(105)
Chapter 8	Prospecting Criteria and Gold Prediction	(107)
1	Prospecting criteria	(107)
2	Gold prediction	(110)
Abstract in English		(112)
References		(114)

第一章 区域地质背景研究

第一节 地 层

牟平-乳山(以下简称“牟乳”)金成矿区是胶辽台隆的一部分。出露地层主要有上太古界胶东群和下元古界荆山群变质岩系。中元古界粉子山群浅变质岩和侏罗系砾岩分布局限(图 1-1),第四系黄土与冲积、坡积物以薄层覆盖全区。

胶东群变质岩主要分布于本区 NE 向中间地带和北部沿海地区,金牛山断裂以东仅呈稀疏捕虏体出现于花岗岩中。其物质组成主要为灰色片麻岩类、片岩类和角闪岩类。局部花岗岩同化混染作用比较强烈。对原岩建造的恢复(周继荣, 1988^①; 徐景奎, 1991^②; 等)表明,胶东群主要为一套中基性-中酸性火山-沉积建造,并含有相当数量的镁铁质-超镁铁质侵入体。不同研究者得出的本区胶东群的金丰度数据差异较大,与克劳斯柯普夫(1979)和梅生(1982)的克拉克值(分别为 3×10^{-9} 和 4×10^{-9})比较,安家桐等(1988)、周继荣(1988)的测试结果显著偏低〔分别为 $(1.0-2.2) \times 10^{-9}$, 平均 1.6×10^{-9} 和 $0.514-1.512 \times 10^{-9}$ 〕,裘有守等(1988)、徐景奎(1991)的结果〔分别为 $(2.00-5.57) \times 10^{-9}$ 和 3.15×10^{-9} 〕与克氏的克拉克值接近。徐景奎(1991)的测试结果表明,牟乳地区胶东群的金丰度(3.15×10^{-9})明显高于胶西北地区胶东群金丰度(2.47×10^{-9})。

荆山群变质岩分布于本区中部牟极一带和西北部解甲庄一带,主要由片岩类、变粒岩类和大理岩组成,底部含一定量的铁矿层,其原岩为碎屑岩、泥岩夹少量火山物质及大量碳酸盐岩的沉积岩系(林润生等, 1988)。徐景奎(1991)测得其金丰度为 3.00×10^{-9} ,略低于本区胶东群金丰度,而高于胶西北荆山群的金丰度(2.24×10^{-9})。

本区变质岩基底构造层金的背景值较高,特别是胶东群含大量变质中性、镁铁质和少量超镁铁质火成岩,构成金矿化的重要物质基础。Fyfe(1987)的研究和表 1-1 的概算结果(仅作参考)表明,在适定的物化条件下,金可以成为极易活化的元素。Groves(1987)的实验进一步说明,金在高温下溶解,低温下沉淀;在酸性和碱性溶液中溶解,在近中性溶液中沉淀。区域变质作用中环境温度升高,导致部分金溶解,可以发生一定程度的迁移富集,但由于变质作用是在相对封闭体系中进行的,流体相的缺乏又限制了金的运移范围,难以形成大规模的金矿床。在中生代强烈的岩浆活动中,胶东群部分熔融,熔体和围岩的物质交换十分活跃,尤其是荆山群中众多大理岩分解形成的 CO_2 , 不但是成矿物质迁移的活跃载体,也改变介质的 pH 值,从而使金大量溶解的催化剂。胶东群的磁铁石英岩和荆山群的铁矿层,更为成矿提供了铁质。本区金矿中出现大量黄铁矿和菱铁矿,便是胶东群重熔并同化荆山群物质的结果。

① 周继荣, 中国地质大学(北京)硕士论文, 1988。

② 徐景奎, 中国地质大学(北京)博士论文, 1991。

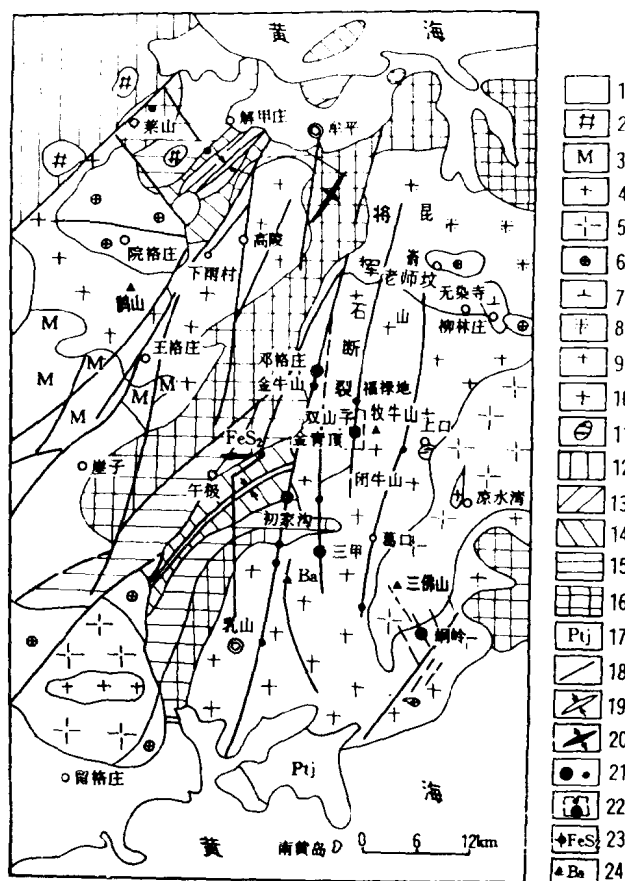


图 1-1 牟乳地区地质构造及矿产分布略图

(据安家桐等, 1988; 林润生等, 1988; 邵伟等, 1990; 孙丰月, 1992 资料编绘)

1—中生界; 2—伟晶岩; 3—糜棱岩化花岗岩; 4—花岗岩; 5—浅红色不等粒二长花岗岩; 6—肉红色中细粒黑云二长花岗岩; 7—暗灰色含角闪黑云石英二长岩; 8—灰白色细粒含石榴石二长花岗岩; 9—中细粒花岗岩; 10—灰色中粗粒含黑云二长花岗岩; 11—灰黑色细粒黑云(辉石)闪长岩; 12—粉子山群; 13—17—荆山群: 13—陡崖组; 14—野头组; 15—禄格庄组; 16—胶东群; 17—未分变质岩; 18—断裂; 19—向斜轴; 20—背斜轴; 21—金矿山(点); 22—乳山金矿; 23—硫铁矿; 24—重晶石矿点

表 1-1 金在变质-岩浆同化混染过程中的释出量

始 态		区域变质作用				同化混染作用			
岩 类	金丰度 ($\times 10^{-9}$)	岩 类	金丰度 ($\times 10^{-9}$)	释出量	比率%	岩 类	金丰度 ($\times 10^{-9}$)	释出量	比率%
粘土岩	2.5	黑云片岩	1.0	1.5	60	混染岩	0.558	1.942	77.7
玄武岩	3.2	斜长角闪岩	1.9	1.3	40.6	混染岩	0.558	2.642	82.7
中酸性火山岩	1.5	黑云变粒岩	1.3	0.2	13.3	混染岩	0.588	0.942	62.8

说明: 资料来源: 始态, Wedpohl (1974); 变质岩, 安家桐等 (1988); 混染岩按周继荣 (1988) 之混合岩。

由上所述, 胶东群是金矿的主要矿源层, 荆山群是金矿成矿的催化剂, 二者并存, 有利于大型金矿的发育。

第二节 岩 浆 岩

区内岩浆岩以灰色中粗粒含黑云二长花岗岩（昆嵛山岩体）分布最为广泛，其次为浅红色不等粒二长花岗岩（三佛山岩体）和灰白色细粒含榴二长花岗岩。部分中-酸性岩以小岩枝（株）出露（图 1-1）。脉岩类主要有花岗闪长斑岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩、煌斑岩和伟晶岩。本次工作发现橄榄辉绿玢岩。乳山金矿赋存于昆嵛山岩体中。研究表明，昆嵛山岩体不仅是乳山、邓格庄等金矿的主岩，而且是金矿的母岩。这说明在有利的成岩成矿条件下，岩基也可成矿。

本文重点对昆嵛山岩体进行研究。对其他中酸性岩也作了初步探讨。

一、昆嵛山岩体

1. 岩体地质

昆嵛山岩体出露面积达 880km²，为本区中生代较早期侵位的岩浆岩，其中含大量胶东

表 1-2 牟乳地区中酸性岩类矿物成分（%）

序 号	1	2	3	4	5	6
岩 石 类 型	黑云辉石 闪长岩	昆嵛山 岩 体	含榴二长 花 岗 岩	含角闪黑云 石英二长岩	黑云二长 花 岗 岩	二长花岗岩 (三佛山岩体)
采样地点	上 口	牧牛山	无染寺	柳林庄	柳林庄	上 口
统计薄片数	2	9	2	2	2	2
石 英	4	24.42	30.05	9.65	23.68	32.06
钾 长 石	2	32.54	37.32	35.21	35.32	36.19
斜 长 石	57.83	38.61	29.42	42.35	34.78	27.58
黑 云 母	5	3.60	1.17	5.80	3.98	1.30
角 闪 石	25	—	—	4.25	1.40	—
辉 石	5	—	—	—	—	—
磁 铁 矿	+	+	+	+	+	+
磷 石	—	+	+	+	—	+
磷 灰 石	+	+	+	+	+	+
榍 石	+	+	+	+	+	+
褐 帘 石	—	+	—	—	—	+
石 榴 石	—	+	+	—	—	—
重 晶 石	—	+	—	—	—	—
钛 铁 矿	—	+	—	—	—	—
锐 钛 矿	—	—	+	—	—	—
黄 铁 矿	—	+	+	—	+	+

注：+微量；—不含。

群和荆山群及少量黑云辉石闪长岩捕虏体，东部为三佛山岩体、北部为柳林庄石英二长岩和二长花岗岩所侵入。其主体为灰色中粗粒结构、块状构造。局部受胶东群和荆山群地层的混染而呈斑杂状，或受构造应力的作用而呈片麻状。

2. 矿物成分

由表 1-2 可知，昆崙山岩体的主要矿物组合为钾长石+斜长石+石英+黑云母，斜长石含量略大于钾长石，在 $Q-A-P$ 分类图上投点，多数落入二长花岗岩区，少数落在花岗闪长岩区。

该岩体的副矿物种类十分丰富（表 1-2），但以磁铁矿（ 2479.69×10^{-6} ）、榍石（ 733.61×10^{-6} ）、磷灰石（ 131.22×10^{-6} ）、重晶石（ 87.30×10^{-6} ）、褐帘石（ 69.25×10^{-6} ）、锆石（ 24.23×10^{-6} ）及石榴石（ 15.51×10^{-6} ）为主（张起城等，1991）。榍石和褐帘石均呈褐色， Fe^{3+} 已明显取代 Ti^{4+} ，该组合及其标型特征说明形成副矿物的氧逸度较高。

3. 岩石化学

昆崙山岩体化学成分如表 1-3。相应标准矿物成分和岩石化学指数如表 1-4。

表 1-3 牟乳地区中酸性岩类主要化学成分 ($w_b, \%$)

岩类	样数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	总计
①	2	74.36	0.17	12.82	0.51	1.16	0.03	0.29	1.22	3.69	4.72	0.04	0.52	99.53
②	2	70.12	0.22	14.97	0.53	1.73	0.05	1.06	1.91	3.75	4.62	0.09	0.45	99.50
③	1	61.30	0.70	16.74	1.63	3.25	0.083	2.21	3.65	4.17	5.07	0.22	0.55	100.03
④	1	74.46	0.08	13.93	0.26	1.12	0.046	0.20	1.26	4.25	4.09	0.01	0.31	100.16
⑤	53	72.02	0.13	14.49	0.47	1.53	0.051	0.27	1.38	4.40	4.18	0.08	0.56	99.56
⑥	1	55.75	0.87	17.03	2.25	4.48	0.124	4.05	6.08	3.98	3.36	0.49	0.78	99.89
⑦	221	71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	3.79	4.03	0.16	0.56	99.67
⑧	26373	71.30	0.31	14.32	1.21	1.64	0.05	0.71	1.84	3.68	4.07	0.12	0.64	99.89

注：1. 岩性：①三佛山岩体；②黑云二长花岗岩；③含角闪黑云石英二长岩；④含榍二长花岗岩；⑤昆崙山岩体；⑥黑云辉石闪长岩；⑦中国花岗岩；⑧世界花岗岩。

2. 总计中①含 CO₂0.32、F0.02、Cl0.03、S0.01；②含 CO₂0.11、F0.04、Cl0.03、S0.03；③含 CO₂0.23、F0.16、Cl0.03、S0.04；④含 CO₂0.06、F0.01、Cl0.01、S0.02；⑤含 CO₂0.13、F0.03、Cl0.01、S0.03；⑥含 CO₂0.15、F0.08、Cl0.06、S0.06。

3. 资料来源：中国花岗岩据黎彤，1963；世界花岗岩，据 R. W. 利曼，1976；其他据安家桐等，1988；徐金方，1986；袁有守等，1988；李治平，1987 及本文综合。

4. 采样地点：①凉水湾；②院格庄、老师坟；③④柳林庄；⑤莒格庄、邓格庄、高陵、金青顶；⑥上口。

(1) 岩石化学分类：据 $ALK-SiO_2$ 图解，昆崙山岩体属亚碱性岩系列；据 FAM 图解，该岩体属亚碱性系列中的钙碱性系列；据里特曼指数（表 1-4）， $\delta=1.99-2.76$ ，平均 2.55 (53)，亦属钙碱性系列，碱性程度中等；在 $An-Ab'-Or$ 图解上，该岩体属非钾质、非钠质的普通亚碱性系列。

CIPW 标准矿物 $Q-A-P$ 分类，因涉及 Ab 在 A 和 P 之间的分配，虽经 Le Maitre (1976) 法计算 A 值仍偏高，故多数落点位于花岗岩区，与实际矿物分类不符。为此，用不涉及 Ab 分配问题的 $Q'-F-Anor$ 图和 R_1-R_2 图投点，多落入二长花岗岩区，与实际矿物分

Ag 和 Ba 高于维氏花岗岩均值。昆嵛山岩体 Cu、Pb、Zn 含量低于维氏花岗岩均值，略高于牟乳地区花岗岩类，但不明显。此外，该岩体 Sc、Co、Ni 虽稍低，但 V 和 Ni/Co 较维氏值明显偏高（前者 9.80×10^{-6} 和 2.5，后者 0×10^{-6} 和 1.6），Rb/Sr (0.12) 较维氏值 (0.67) 偏低。据李治平 (1987)、安家桐等 (1988) 和李仕荣 (1990)^① 的研究，该岩体稀土分布模式为轻稀土富集型，无铈亏损，与胶东群斜长角闪岩相似。

表 1-5 牟乳地区中酸性岩类微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)

岩石类型	序 号	产 地	Rb	Sr	Ba	W	Mo	Sc	V	Co	Ni	Zr	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	S	合 计
二长花岗岩(三佛山岩体)	1	三佛山	195	93	93	0.38	0.39	<3.3	7.7	2.1	7.2	80	0.0013	0.048	33	8.0	80	40	
	2	凉水湾	125	247	247	0.29	0.35	3.3	17.0	3.2	7.0	142	0.0014	0.023	7.5	8.0	10	60	
	平 均		160	170	170	0.34	0.37	3.3	12.4	2.7	7.1	111	0.0014	0.036	20.3	8.0	45	50	760.55
黑云二长花岗岩	3(3)	院格庄	153	600	600					6.0	12	58	0.0013					180	
	4(5)	老师坟	162	564	564	0.58	0.37	2.7	23.3	3.4	5.2	121	0.0041	0.025	8.8	8.0	26.7	270	
	平 均		159	578	578	0.58	0.37	2.7	23.3	4.4	7.8	97.4	0.0031	0.025	8.8	8.0	26.7	236	1731.08
含角闪黑云石英二长岩	5(5)	柳林庄	166	973	973	1.39	1.21	9.8	74	12.8	15.8	472	0.0022	0.046	26.5	17.0	60	410	3215.55
含榴二长花岗岩	6(9)		100	374	874	0.54	1.92	1.7	6.9	0.3	3.4	60	0.0021	0.024	9.9	4.8	35	180	1652.48
昆嵛山岩体	7(2)		92	816	3175	0.22	0.32	2.4	10.8	2.0	3.3	149	0.0022	0.016	8.8	5.5	40	140	
	8(9)		93	837	2980	0.93	0.35	2.4	10.2	2.3	6.2	125	0.0032	0.22	16.4	8.6	46	280	
	9	高 陵	110	1092	1092					2.7	19	124	0.0105					400	
	10			558	2098				7.15			134			5.63	11.6			
	11			321	1271				9.17			181			6.67	20.4			
	12			715	2643				10			196				15			
	13(2)	金青顶	90				0.5		8.5	3.8	2.9	175			23.54	2.5	53		
	平 均		93.6	790	2685	0.80	0.37	2.4	9.80	2.5	6.23	142	0.0036	0.183	15.0	13.8	46	267	4074.66
黑云辉石闪长岩	14	上 口	75.5	1375	1375	0.11	0.51	13	140	17.5	14	318	0.062	0.054	12	17	70	565	3992.24
花岗岩(维氏, 1962)			200	300	830	1.5	1.0	3	0	5	8	200	0.0045	0.05	20	20	60	400	2048.55

注: 1—9、14 据安家桐等(1988); 10—12 据裘有守等(1988); 13 据李治平(1987)。

5. 岩石成因

据 Bowden 等 (1985) 岩石成因 QAP 图解，昆嵛山岩体投点多数落入 I 型区域，少数落入 S 型区，在花岗岩类成因 Na-K-Ca 图解 (Raju 等, 1972) 上全部落入岩浆成因区。在 $Q\text{-}Ab\text{-}Or\text{-}H_2O$ 系统等压相图 (邓晋福, 1980)^② 上， $p_{H_2O}=0.2\text{GPa}$ 时，岩体形成温度约 700°C ， $p_{H_2O}=0.5\text{GPa}$ 时，约 680°C 。据不同 p_{H_2O} 的 $Q\text{-}Ab\text{-}Or\text{-}H_2O$ 系统相图 (邓晋福, 1980)，求得岩体形成压力约 $0.3\text{—}0.5\text{GPa}$ ，相应深度为 $12\text{—}15\text{km}$ 。

根据上述特点，结合岩石中黑云母和副矿物标型特征、岩石化学特征和稀土分布模式

① 李仕荣，中国地质大学（北京）硕士论文，1990。

② 邓晋福，岩石物理化学，1980。

以及区域构造背景可知,昆嵛山岩体是在 12—15km 深处主要由以基性火成岩为特征的胶东群和少量以陆源化学沉积为特征的荆山群部分熔融而成,属 I 型磁铁矿系列。

6. 小结

综上所述,昆嵛山岩体属钙碱性二长花岗岩, $\text{Na}_2\text{O} < \text{K}_2\text{O}$, 分异程度中等, 氧化度与胶东西部含金花岗岩相似, 但黑云母形成时氧逸度显著偏高, 岩石地球化学特征与徐克勤等 (1992) 总结的含金花岗岩某些方面 ($DI < 88$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} > 0.8$, Ba、S 含量偏高, Li、Rb 等偏低, 富集轻稀土, 钨亏损不强烈) 相似。岩体由胶东群 (富 Au) 和荆山群 (富碳酸岩) 部分熔融结晶而成。岩石相对富 Au、Ag、S、Ba 且变化较大, 说明已有局部富集, 这是该岩体形成重晶石矿、黄铁矿型硫铁矿和富硫化物高品位金矿床的地球化学场要素。

二、其他中酸性岩

本文所涉及的其他中酸性岩包括上口黑云辉石闪长岩、柳林庄含角闪黑云石英二长岩和无染寺含榴二长花岗岩、柳林庄黑云二长花岗岩以及三佛山不等粒二长花岗岩等。

1. 地质特征及其命名

黑云辉石闪长岩见于上口和峒岭以南, 以捕虏体产出于昆嵛山岩体中, 呈灰黑色、中细粒块状, 青盘岩化十分发育。含榴二长花岗岩主要见于无染寺以北, 以灰白色细粒结构为主, 含少量同成分粗粒岩脉。三佛山岩体 (不等粒二长花岗岩) 和柳林庄黑云二长花岗岩均以红色为特征, 后者可分早期浅红色和晚期红色两个岩相, 为同源两次侵入岩, 早晚两岩相的黑云二长花岗岩又侵入于含角闪黑云石英二长岩中, 侵入接触关系明显。岩石命名据表 1-2 和 Q-A-P 分类图解确定。

2. 岩石化学特征

相关岩类主要化学成分, CIPW 标准矿物成分及岩石化学指数如表 1-3、4。

据“昆嵛山岩体”一节所述有关图解和表 1-4, 本区中、酸性岩均属普通亚碱性系列中的钙碱性系列, 两类中性岩碱性程度较高。

由表 1-4 可以看出, 本区中性岩氧化度较高, 酸性岩较低, 三佛山岩体与昆嵛山岩体相近。岩石分异程度以中性岩较低 ($DI = 55—72$), 酸性岩较高 (DI 为 $83—90$)。后者与昆嵛山岩体相差不大。

3. 微量元素

在表 1-5 中, 除黑云辉石闪长岩外, 其他岩体 Au 平均值低于维氏值, 且普遍低于昆嵛山岩体均值。岩石中的 Ba 含量多高于维氏值, 但也普遍低于昆嵛山岩体均值。硫含量虽与维氏值相比偏低, 但也远高于郭家岭岩体 (10.0×10^{-6} , 陈光远等, 1991)。多金属含量普遍低于维氏值。另外, 铁族元素、Rb/Sr 与昆嵛山岩体相似。稀土分布模式方面除含榴二长花岗岩富集重稀土外, 其他皆轻稀土富集型 (安家桐等, 1988)。

4. 岩石成因

据前述有关图解, 全部酸性岩均属岩浆成因 I 型花岗岩, 酸性岩形成温度在 $p_{\text{H}_2\text{O}} = 0.2\text{GPa}$ 时为 700°C , 在 $p_{\text{H}_2\text{O}} = 0.5\text{GPa}$ 时为 680°C 。形成时的 $p_{\text{H}_2\text{O}}$ 约为 $0.3—1\text{GPa}$ 。

由上所述, 本区酸性岩的岩石学、岩石化学和地球化学特征以及形成温压条件均比较相似, 反映了成因上的一致性。区域岩浆岩成矿特征与昆嵛山岩体类似, 但成矿潜力尚需进一步研究、开发。

第三节 构造

本区变质岩基底中发育 NE 向延伸的复式褶皱,以午极和院格庄两地的向斜保存比较完整。区域断裂构造在成矿前以 NNE 和 NE 向两组最为发育, NNE 向断裂在成矿期继续活动,成矿后则主要形成 NW 向张扭性断裂。 NNE 向断裂见于全区,呈 4—5km 近等间距排布,由西而东主要有王格庄、高陵、牟平、金牛山、将军石和葛口等断裂。 NE 向断裂主要见于金牛山—乳山以西,以约 18km 近等距分布,由北而南有莱山、下雨村和午极等主干断裂。 NE 和 NNE 两个方向的断裂中均有金矿床或矿点产出,但 NNE 向断裂中金矿床较多。乳山金矿即位于该断裂系将军石断裂南段(图 1-1),本文着重对该断裂(系)及其控矿特征进行研究。

一、成矿前的 NNE 向断裂

NNE 向断裂在成矿前的构造-脉岩活动十分强烈。本次工作在金青顶矿区将军石断裂中发现有橄榄辉绿玢岩;在金青顶 NW8km 处,即 NNE 向金牛山断裂中段的邓格庄金矿也发现基性-超镁铁质脉岩充填断裂,脉岩中甚至含二辉橄榄岩深源包体(桂志利,1992)^①。此外,该组断裂产状陡立,如将军石断裂主体向 NWW 和 SEE 以 75°—85°陡倾。这些特征说明断裂向深部切割巨大,有利于大型石英脉充填型金矿的发育。

二、将军石断裂

1. 构造形迹

将军石断裂北起牟平县西柳庄北,南至乳山市闭牛山南麓,全长逾 28km,宽 1—15m 不等,一般 3—6m,延深>830m,总体走向 N20°E,倾向 SE,倾角 77°和 99°,金青顶矿区及其以南 0m 标高以上局部反倾,但倾角>80°。断裂面沿走向和倾向均呈舒缓波状。局部见分枝复合现象。该断裂北段切割含榴二长花岗岩,南段切割昆嵛山岩体。其在地面表现形式主要有:

(1) 低矮丘陵或沟谷:从闭牛山到福禄地近 8000m 区段,该断裂共经 4 处丘陵区,其间为沟谷所分割,间距 1500—2500m。每一丘陵区都是矿床(点)所在地,由北而南分别是福禄地金矿区、双山子金矿区、金青顶金矿区和闭牛山金矿点,矿体在沟谷处尖灭。

(2) 硅化带与矿化带:断裂经丘陵区时,地表见较强硅化或含金褐铁矿化石英脉,在沟谷区则主要发育动力变质岩。故硅化与矿化是丘脊形成的原因之一。

(3) 挤压带:多见于断裂平直地段,宽度 2—4m,波及带达 10m 以上。主要构造岩类型为压碎角砾岩和碎裂岩,波及带以密集裂隙发育为特征。强碎裂岩带呈负地形。一般热液蚀变和矿化较弱。

(4) 张裂带:常见于断裂转折段,以张裂角砾岩为特征。蚀变与矿化发育。

(5) 高岭土化带:基岩风化强烈地段,白色高岭土化是断裂部位的良好指示标志。

2. 断裂性质与活动方式

李治平(1987)通过对乳山金矿金青顶矿区+5—+155m 5 个中段矿体和蚀变带在 4—13 勘探线间走向变化的对比研究,得出了 NE 向和 NNE 向二组断裂复合控矿的认识,通过

① 桂志利,中国地质大学(北京)硕士论文,1992。