

624307

鲁中燕山期侵入杂岩与成矿

董振信 著

地质出版社

鲁中燕山期侵入杂岩与成矿

董振信 著

地 质 书 局 出 版

内 容 简 介

本书论述了鲁中地区燕山期各岩浆侵入杂岩体岩石矿物特征。综合分析了燕山期各侵入阶段岩石、矿物、岩石化学、微量元素特征及其演化规律。并从岩浆岩的形成机理、成岩时温度和压力条件、岩体产状、岩性、岩石化学成分及铁矿伴生元素、矿化组合和主要金属矿物中某些特征元素等方面,阐述了成岩与成矿关系。此外还研究了碱质交代、热液蚀变作用的多期多阶段性及蚀变矿物和金属矿物特征、碱质交代蚀变分带、元素迁移特征及矿物共生分析问题。讨论了成矿物质、碱质、Ca、Mg元素的来源及碱质交代过程中Fe的迁移和沉淀富集作用,并对作者注意和发现的岩石中广泛发育的异种造岩矿物晶体有规律的连生现象进行了探讨。

本书可供地质专业研究人员、高等院校师生、野外地质勘探人员参考。

鲁中燕山期侵入杂岩与成矿

董振信 著

★

责任编辑:殷维翰

地质出版社出版

(北京西四)

北京京辉印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

★

开本:787×1092¹/₁₆。印张:9⁵/₁₆。插页2个字数:225千字

1987年2月北京第一版·1987年2月北京第一次印刷

印数:1—1,080册 国内定价:2.80元

统一书号:13038·新326

前 言

山东中部地区是我国著名接触交代型铁矿区。解放以来,不少单位曾在本区进行过地质调查和研究工作。原北京地质学院师生曾在本区作过1:20万地质测量。南京大学地质系师生曾在本区作过教学实习,对本区岩浆岩,尤其对济南辉长岩进行过研究。山东地质局第一、五地质队和冶金局第一、二勘探队在本区进行了普查找矿工作,为国家探明了一些矿区的储量,积累了一些地质资料,为研究工作打下了良好的基础。

本书是作者硕士研究生毕业论文经补充和修改而写成的。这是作者长期在本区从事研究工作的成果。该项研究工作大体分两个阶段:(1)作者在山东地质局实验室工作期间,于1971—1972年,曾先后对济南地区流海、郭店武家山、高二、邙丘、机床四厂等矿区及岩浆杂岩体进行了野外和室内研究工作,撰写了总结报告。1973—1975年,作者参加了莱芜地区构造、地层、岩浆岩等成矿条件、控制因素和找矿方向的研究工作,并主要承担了岩浆岩和蚀变作用的研究任务。在此期间,参加莱芜地区岩体野外填图和采样工作的人员,除作者外,还有何湘龙、胡仁健、周丽华、宋世民、张启成、钟亚雄、王进聚同志。室内工作除人工重砂样品主要由张启成、钟亚雄及李福堂同志进行分离富集和挑选单矿物外,其它工作均由作者完成。作者除及时提交了岩石薄片和光片鉴定报告及有关费氏台、油浸法、反射率等测试数据外,于1975年底还写了初步总结报告。(2)1978年,作为研究生在入学之后,又在过去工作的基础上,进行了野外和室内工作,进一步综合整理和分析研究了资料,撰写了《山东济南、莱芜地区燕山期岩浆侵入杂岩岩石矿物及蚀变特征与成矿》硕士研究生毕业论文。

导师池际尚教授给予精心指导,并对野外和室内工作进行了检查,反复审阅文稿。在此,表示衷心感谢。

在毕业论文答辩过程中,承蒙程裕淇研究员审评论文并推荐公开出版。答辩委员会其他成员:苏良赫、王濮、石准立教授及邓晋福副教授也都审阅了全文,提出了补充和修改意见。在补充、修改过程中,吴利仁研究员审阅了全文,给予热情指教。在山东工作期间,曾得到程裕淇研究员、陈光远和彭志忠教授的指教。山东地质局曹国权总工程师及何越教、徐日鹏、曾广湘工程师,第一、五地质队唐建文高级工程师和翟颖川、董一杰工程师及局实验室桂卫庭高级工程师给予支持与帮助。在出版过程中,得到中国地质科学院李光岑、陆春榕二位领导的热情关怀和帮助。武汉地质学院北京研究生部绘图室及中国地质科学院情报所舒令弘同志清绘了图件。在此一并致谢。

董振信
中国地质科学院
一九八四年四月

目 录

第一章 济南 岩浆侵入杂岩体.....	1
一、一般概况.....	1
二、主岩体形态和产 状.....	1
三、杂岩体多次侵入特征.....	3
(一) 第一次侵入.....	4
(二) 第二次侵入.....	4
(三) 第三次侵入.....	5
四、岩石、矿物特征.....	6
(一) 第一次侵入体.....	6
1. 内部相.....	6
2. 过渡相.....	8
3. 边缘相.....	11
(二) 第二次侵入体.....	19
(三) 第三次侵入体.....	20
五、岩石化学及微量元素特征.....	21
(一) 岩石化学.....	21
1. 第一次侵入体.....	21
2. 第二次侵入体.....	24
3. 第三次侵入体.....	24
(二) 微量元素.....	25
第二章 莱芜岩浆侵入杂岩体.....	26
一、一般概况.....	29
二、杂岩体侵入时代的确定和阶段划分.....	28
三、各岩体特征.....	29
(一) 矿山岩体.....	29
1. 岩体地质特征.....	29
2. 主岩体岩石、矿物特征.....	30
(1) 主岩体内部相.....	30
(2) 主岩体边缘相.....	36
3. 主岩体岩石化学特征.....	40
4. 晚期侵入体.....	44
(1) 岩石、矿物特征.....	44
(2) 岩石化学特征.....	46
(二) 嵯峪岩体.....	47
1. 岩体地质特征.....	47
2. 岩石、矿物及岩石化学特征.....	49
(1) 第一次侵入的岩体.....	49

(2) 第二次侵入的岩体	59
(3) 第三次侵入的岩体	59
(4) 第四次侵入的岩体	61
(三) 金牛山岩体	62
1. 岩体地质特征	62
2. 岩石、矿物特征	62
(1) 第一次侵入的岩体	62
(2) 第二次侵入的岩体	64
(3) 第三次侵入的岩体	64
(4) 第四次侵入的岩体	66
3. 岩石化学特征	68
(四) 铁铜沟岩体	68
1. 岩体地质特征	68
2. 岩石、矿物特征	68
(1) 第一次侵入的岩体	68
(2) 第二次侵入的岩体	71
(3) 第三次侵入的岩体	71
(4) 第四次侵入的岩体	72
3. 岩石化学特征	74
第三章 燕山期各侵入阶段岩浆岩特征及其演化规律	75
一、岩石特征及其演化规律	75
二、造岩矿物特征及其演化规律	76
三、副矿物特征及其演化规律	83
四、岩石化学、微量元素特征及其演化规律	84
小结	87
第四章 岩浆岩中某些异种造岩矿物有规律的连生	88
一、橄榄石与斜方辉石	88
二、橄榄石与普通辉石	91
三、斜方辉石与普通辉石	92
四、斜方辉石与普通角闪石	92
五、单斜辉石与普通角闪石	93
六、斜长石与正长石(或钠正长石)	95
小结	97
第五章 成岩与成矿	98
一、岩浆演化与成矿关系	98
(一) 原始岩浆及演化	98
(二) 岩浆演化过程与成矿关系	101
(三) 成岩时的温、压条件及与成矿关系	102
二、岩体产状与成矿关系	103
三、岩性与成矿关系	103
四、岩石化学成分与成矿关系	103

五、岩浆岩与铁矿伴生金属矿化组合及主要金属矿物中某些特征元素的关系·····	104
小结·····	105
第六章 碱质交代、热液蚀变作用及矿物共生组合与成矿·····	106
一、成岩晚期碱质交代作用·····	106
(一) 钠—更长石化·····	106
(二) 钾长石化·····	108
二、成岩期后碱质交代作用·····	107
(一) 成岩期后碱质交代作用的多阶段特征·····	107
(二) 成岩期后的主要交代蚀变矿物特征·····	108
(三) 金属矿物·····	120
三、金属矿化、蚀变分带、元素迁移特征及共生分析·····	124
四、碱质交代作用与成矿·····	130
(一) 成矿物质来源与活化转移的量·····	130
(二) 碱质来源的探讨·····	131
(三) 碱质交代作用过程中Fe的搬运形式和Ca、Mg来源及Fe的沉淀富集·····	131
小结·····	133
参考文献·····	134
照片·····	139

第一章 济南岩浆侵入杂岩体

一、一般概况

济南岩浆侵入杂岩体分布于济南—郭店一带，露头零星，多呈孤峰和丘陵产出，岩体近东西向展布，西部多出露基性岩类，而东部郭店地区多出露闪长岩类(图1-1)，据现有钻孔资料证实，它们连为一体，为相变关系。

该侵入杂岩体分布于齐河—广饶大断裂的南部，该断裂可能是本区岩浆活动的通道。岩体沿中、下奥陶统假整合面侵入。

本区中奥陶统地层广泛出露，其岩性主要为中厚层纯灰岩、豹皮灰岩、薄层状泥灰岩及角砾状灰岩等，是本区岩浆侵入杂岩体的主要围岩和铁矿赋存层位。

本区郭店十里铺一带，钻孔里发现有白垩系青山组火山岩系，遭受了与该侵入杂岩体有关的热液蚀变作用，据山东冶金勘探公司陈荣顺等同志(1982)的资料，本区辉长闪长岩中两个黑云母同位素年龄测定结果分别为128.4和130.9百万年，属白垩系产物。

二、主岩体形态和产状

对于本区主岩体的形态与产状，前人说法不一。笔者认为本区主岩体产状为浅成岩盖状，其证据如下：

1. 该区主岩体呈椭圆形展布，东西长几十公里，南北宽数公里，长轴方向与区域构造线方向一致(图1-1)。

2. 主岩体与围岩呈“整合接触”(图1-1中，I—I'及II-II'剖面)，但近岩体地层产状发生了变化，岩体四周所见地层均向外倾斜，倾角变陡，局部直立，甚至发生倒转褶皱。近岩体的围岩中断裂发育，破碎很厉害，强烈角砾岩化。

3. 经强烈剥蚀，岩体残留较少，很多地方被钻孔打穿。岩体底盘平缓，大部与下奥陶统地层呈“整合接触”，其上部大部分与中奥陶统马家沟灰岩接触(图1-2)，局部与石炭—二叠系砂页岩接触。

4. 主岩体分相较清楚，从中心相至边缘相，由基性变中性。

5. 岩体中心部分较厚，边缘薄。根据重力资料，无影山一带的岩体厚达2公里以上。

6. 主岩体柱状节理发育，流动构造也发育。

7. 岩体与围岩接触处有热力变质及砂卡岩化现象。岩体内部有分异不好的伟晶岩脉。

8. 斜长石具明显的环带构造，普通角闪石和辉石也见有环带构造。钾长石属正长石。斜长石有序度大部分为0.4-0.8，主要属中温型。

9. 本区地层产状倾斜较缓，岩体侵入于中奥陶统马家沟组灰岩内，其上覆岩层总厚度约4公里。同时，基于上覆地层有缺失现象，而且，中生代的火山岩分布零星，不能成为普遍

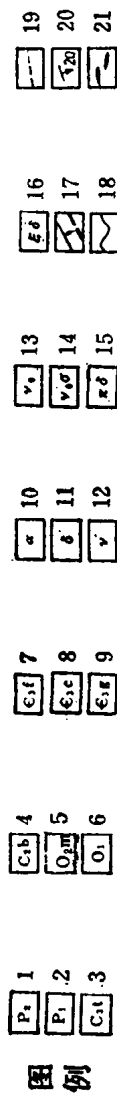
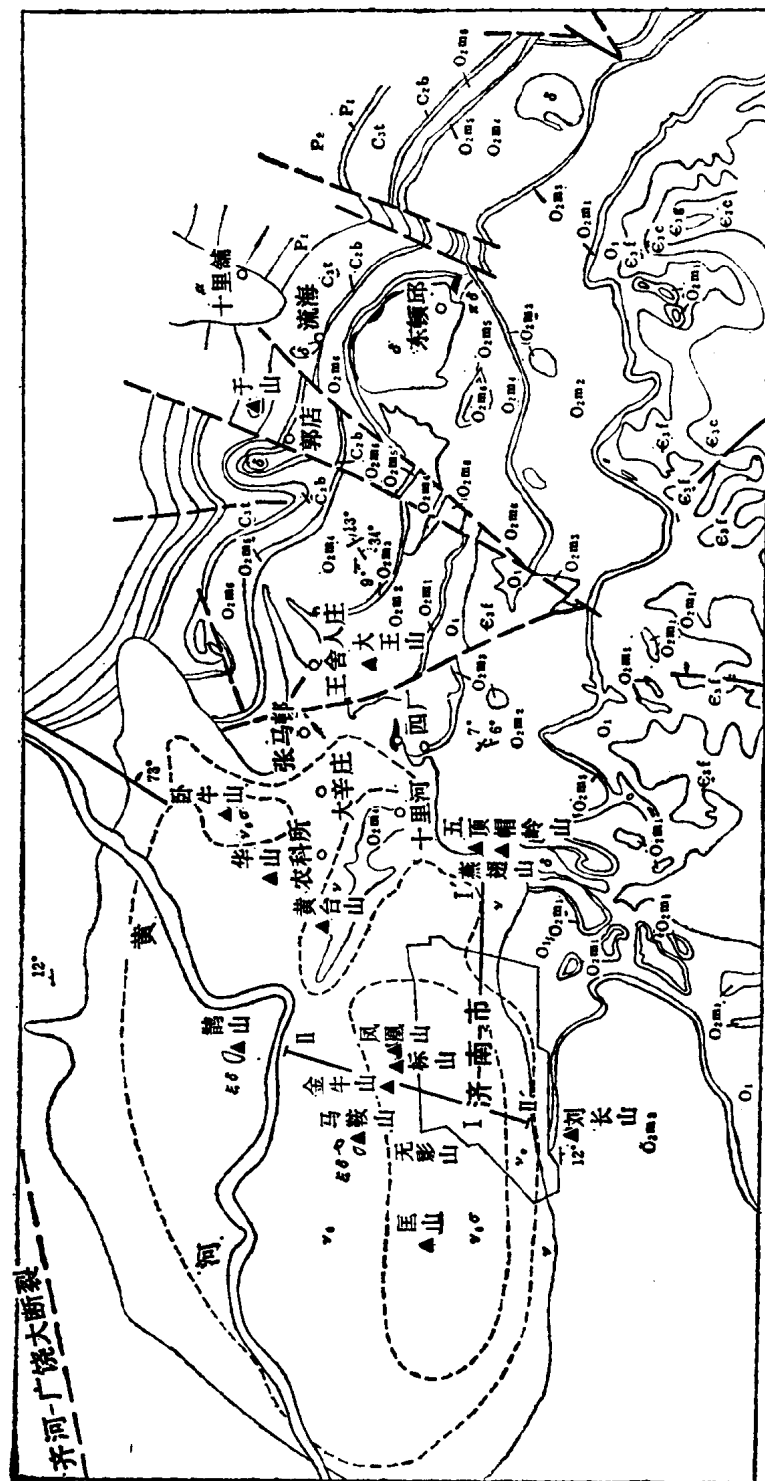


图 1-1 济南地区基岩地质图

(据山东地质局第五地质队综合资料编制)

1—上二叠统, 2—下二叠统, 3—石炭系太原统, 4—石炭系本溪统, 5—中奥陶统马家沟组 1—8 段, 6—下奥陶统, 7—寒武系凤山阶, 8—寒武系长山阶, 9—寒武系崂山阶, 10—安山岩, 11—闪长岩, 12—角闪辉长岩, 13—辉长苏长岩, 14—橄辉辉长苏长岩, 15—斑状闪长岩, 16—透辉正长岩, 17—英闪及推闪断岩, 18—地质界线, 19—岩相变界线, 20—地质产状, 21—矿体

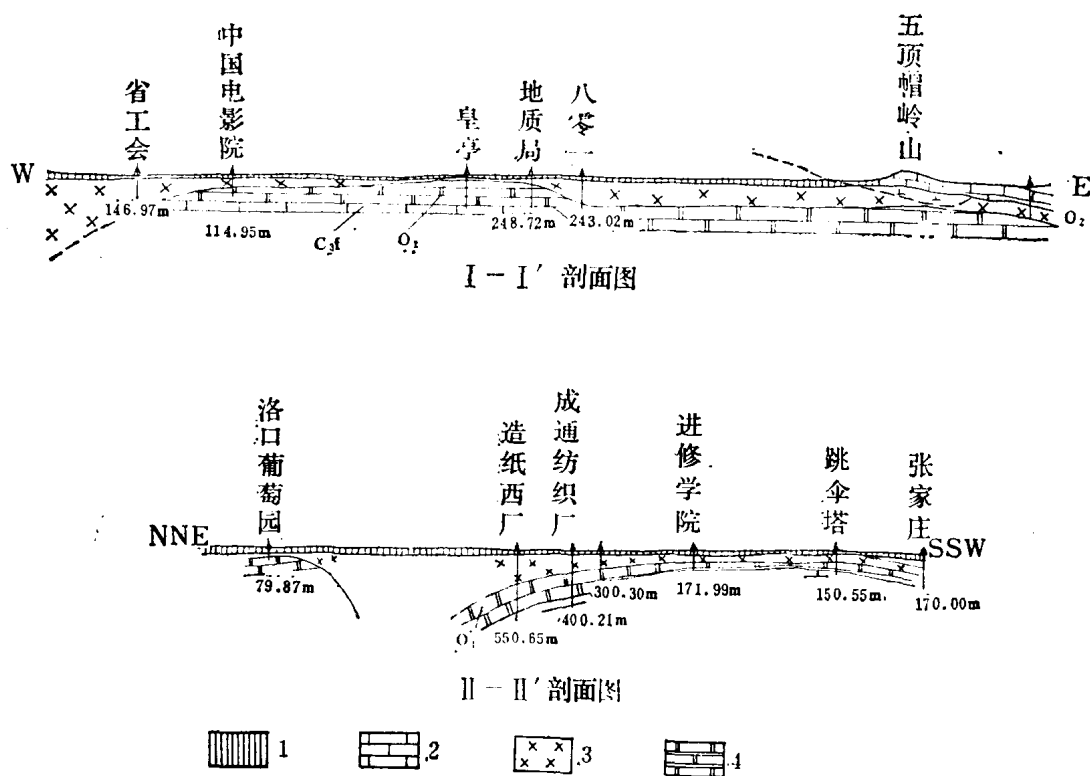


图 1-2 济南中—基性岩侵入体地质剖面图

(据山东地质局第五地质队综合组资料)

1—第四系；2—灰岩；3—中—基性岩侵入体；4—大理岩

的顶板盖层，因而，推测盖层实际厚度为 2—3 公里左右。

三、杂岩体多次侵入特征

根据直接观察到的野外地质现象及室内研究，将本区岩浆杂岩体划分为三次侵入（表 1-1）。

表 1-1 济南岩浆侵入杂岩体期次划分表

期 次	主侵入或脉岩	岩 石 主 要 类 型	产 状
第 三 次	脉 岩	正 长 伟 晶 岩	岩 脉
	主 侵 入	透辉正长岩、石英正长岩、二长岩	岩 枝 或 岩 脉
第 二 次	主 侵 入	斑状闪长岩、斑状角闪闪长岩	岩 枝 或 岩 脉
第 一 次	脉 岩	辉 长 伟 晶 岩	岩 脉
	主 侵 入	边 缘 相 辉长闪长岩、辉石闪长岩、角闪闪长岩、角闪辉长岩、角闪辉长苏长岩、黑云辉长岩	岩 盖
		过 渡 相 辉 长 苏 长 岩	
		内 部 相 橄辉辉长苏长岩、橄辉辉长岩	

(一) 第一次侵入

1. 主侵入为基性—中性岩类，分布最广泛，构成杂岩体的主体。基性岩主要分布于强烈剥蚀区，代表所处位置较深。中性岩类主要分布于岩体边缘，在其它灰岩出露地段也零星出露，同时，在钻孔内，盖层下普遍被揭露，代表岩体所处部位较浅。从整体来看，大致分为三个岩相带：

内部相 主要岩石类型为橄榄辉长苏长岩、橄榄辉长岩。岩石为中—粗粒状结构，含有一些含长辉橄岩、橄橄岩（照片1）、斜长岩（照片2、3）的同源捕虏体。出露于匡山、无影山、金牛山、标山、凤凰山、卧牛山、驴山等地。

过渡相 岩石为辉长苏长岩，中粒状结构。华山、鹊山等地皆可见之。

边缘相 分布于靠近围岩处，岩石主要类型为角闪辉长岩、黑云辉长岩、角闪辉长苏长岩、多为细粒结构，似斑状结构及聚晶结构等。

值得注意的是，在第一次侵入的基性岩的边缘与围岩接触处，分布着不规则带状的中性岩类（图1-3，图1-4），有时见其岩性随围岩成分变化而变化，近灰岩者多为角闪闪长岩、辉石闪长岩、辉长闪长岩，近砂页岩者为更长闪长岩、石英闪长岩等。从岩石结构、构造、矿物成分及化学成分等方面来看，这类岩石和典型的岩浆分异作用形成的闪长岩不大一样，可能为交代—混染作用的产物。

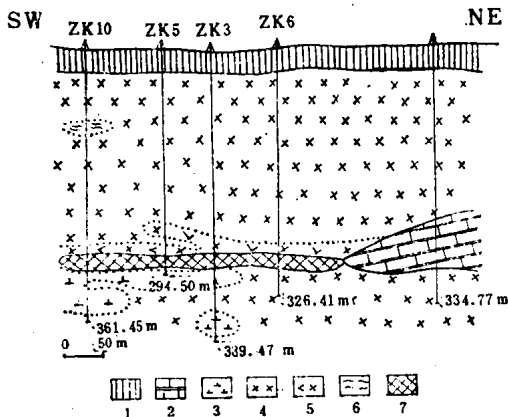


图 1-3 济南机床四厂矿区剖面图

1-第四系松散物；2-灰岩（大理岩）；3-辉石闪长岩、辉长闪长岩；4-辉长苏长岩；5-角闪辉长岩；6-砂卡岩；7-含矿蚀变带

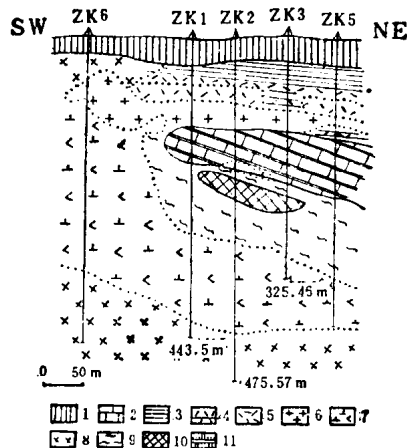


图 1-4 济南流海矿区剖面图

1-第四系松散物；2-灰岩（大理岩）；3-砂页岩（角岩）；4-混染岩化角岩；5-混染岩；6-更长闪长岩；7-角闪闪长岩；8-辉长苏长岩；9-砂卡岩；10-铁矿；11-含镍砂卡岩化大理岩

2. 脉岩为辉长伟晶岩，呈不规则脉状，宽窄、延伸长短不一，多分布于中心相的橄榄辉长苏长岩、橄榄辉长岩中，与围岩界线不清，分异带状构造不明显，晶洞不发育，晶体不很粗大，其矿物成分也往往与基性岩成分相近，主要由单斜辉石、钠—更长石、条纹长石及正长石组成。

(二) 第二次侵入

岩石主要类型为斑状闪长岩、斑状角闪闪长岩，分布于该杂岩体边部和顶部及围岩内，产状多为岩枝及岩脉状，见于郭店沙沟岩体及唐冶及千佛山开元寺等地。在高二、武家山等

地,见斑状闪长岩穿插于辉石闪长岩(图1-5)、细粒辉长岩及细粒辉长苏长岩中,两者接触界线明显,为“突变”关系。在斑状闪长岩内,见有辉长岩及辉长苏长岩的捕虏体。在武家山1号矿坑内,见斑状闪长岩穿插于含铁砂卡岩带内,两者界线明显,且斑状闪长岩中含有磁铁矿矿石角砾(图1-6)。

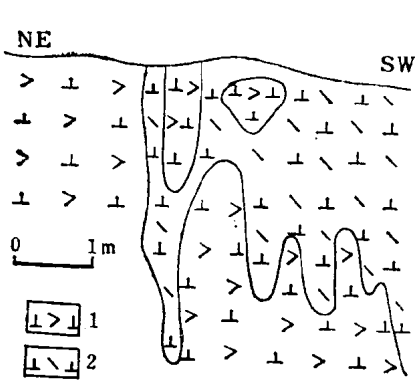


图 1-5 斑状闪长岩与辉石闪长岩接触关系素描图
1-辉石闪长岩;2-斑状闪长岩(济南 高二)

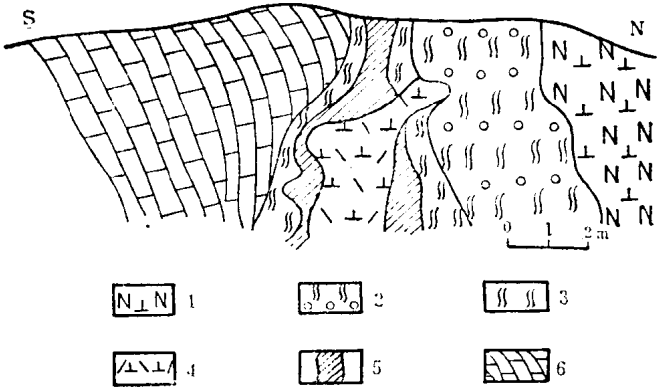


图 1-6 斑状闪长岩穿插于辉石闪长岩与灰岩接触的含矿砂卡岩带中
1-碱质交代辉石闪长岩;2-石榴石、次透辉石砂卡岩;
3-次透—低铁次透辉石砂卡岩;4-斑状闪长岩;5-铁矿;
6-大理岩(济南 武家山1号矿坑)

(三) 第三次侵入

1. 主侵入的主要岩石类型为透辉正长岩、石英正长岩、二长岩。主要出露于鹊山西部、北马鞍山、栗山、药山一带,产状为岩枝及岩脉,且大部呈NNE向展布,与本区次一级断裂构造一致。在鹊山、马鞍山见穿插于辉长苏长岩中,在武家山见石英正长岩脉截切了穿插于辉石闪长岩中的斑状闪长岩脉(图1-7)。鹊山、马鞍山、栗山等地见与灰岩接触处,砂卡岩化发育,且岩体中也见透辉石、石榴石及绿帘石等矿物组成的网脉状砂卡岩脉(照片4)。

2. 正长伟晶岩:为脉状、不规则团块状,囊状、透镜状,主要分布于正长岩类岩石中,两者界线有时不明显,带状构造发育不好,结晶不很粗大,矿物成分简单,主要为正长石、钠—更长石、霓辉石、石英、黑云母及副矿物榍石、磷灰石、石榴石及电气石等。

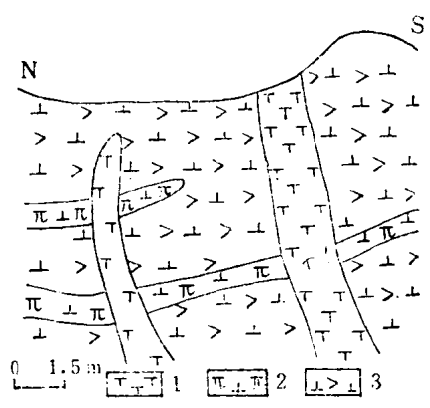


图 1-7 石英正长岩与斑状闪长岩及辉石闪长岩穿插关系素描图
1-石英正长岩;2-斑状闪长岩;3-辉石闪长岩
(济南 武家山)

四、岩石、矿物特征

(一) 第一次侵入体

1. 内部相

橄榄辉长苏长岩 (照片5)

岩石为深灰—灰黑色,风化后为灰褐色,具明显的条带状构造。中—粗粒结构,镜下呈辉长辉绿结构及反应边结构等。造岩矿物主要成分有:斜长石(35—50%)、普通辉石(20—30%)、斜方辉石(10—25%)、橄榄石(10—15%)、黑云母(1—5%)、正长石(<2%)。

主要造岩矿物特征(表1-2):

斜长石 呈长条状自形或半自形晶,具钠长石双晶、卡—钠联合双晶、卡斯巴双晶,偶见环带构造。用费氏台双晶法(部分用三连晶法)测定, $An = 52.5-63$, 属拉长石。个别 An 为82,属倍长石。有序度0.2—0.6。

普通辉石 无色—微带绿色,有两组解理,沿解理往往分布着细小的磁铁矿。有时具环带构造。 $2V(+) = 48^\circ - 55^\circ$ 。

斜方辉石 为半自形柱状,呈淡红色,具多色性,用费氏台测定 $2V(-) = 58^\circ - 69^\circ$, 油浸法测定 $N_m = 1.689-1.702$, 查表知 Fe'' 为22-30.5,属古铜辉石—紫苏辉石,但以前者居多。该矿物化学成分(驴山)为 $SiO_2 51.91, TiO_2 0.43, Al_2O_3 2.86, Fe_2O_3 2.75, FeO 14.85, MnO 0.32, MgO 23.74, CaO 2.66, Na_2O 0.36, K_2O 0.19, Cr_2O_3 0.06$, 总和100.13。计算后,得实际分子式: $(Mg_{0.63}Fe^{2+}_{0.22}Ca_{0.10}Na_{0.03}K_{0.01}Mn_{0.01})_{1.00}(Mg_{0.67}Fe^{2+}_{0.24}Fe^{3+}_{0.08}Ti_{0.01})_{1.00}(Si_{1.90}Al_{0.12})_{2.02}O_{6.00}$ 。在此矿物周围分布着普通辉石、黑云母等矿物,形成反应边结构。在该矿物内部常含磁铁矿、钛铁矿的包体,呈板状、片状、不规则状等,沿一个方向排列,构成闪烁构造。该矿物还常与单斜辉石及橄榄石构成有规律的连生。

橄榄石 为半自形粒状,具粗的不规则裂纹,在裂纹处有磁铁矿、钛铁矿等不透明矿物聚集。用费氏台测 $2V$ 角,查表知成分: Fa 为12-40,为贵橄榄石—透铁橄榄石,以前者占优势。该矿物四周常依次分布着斜方辉石、普通辉石、黑云母组成的反应边,构成有规律的连生。

黑云母 叶片状,多分布于辉石的周围,其间往往含有磁铁矿的等轴粒状自形晶包体。其化学成分中含 $FeO 10.14, Fe_2O_3 2.19$ 。

正长石 呈他形不规则状, $2V(-) = 68^\circ - 80^\circ$, 分布于斜长石之间隙中,并有包裹斜长石的现象。

橄榄辉长岩

岩石为深灰至灰黑色,块状构造,有时具不明显的条带状构造,多为中粗粒状结构,镜下呈辉长辉绿结构,矿物主要有斜长石(30—50%)、普通辉石(20—40%)、橄榄石(10—25%),此外,还有很少量的斜方辉石、正长石、黑云母等矿物。

主要造岩矿物特征(表1-3):

斜长石 呈长条板状,双晶发育,双晶律为钠长石双晶、卡斯巴双晶及卡—钠联合双晶。用费氏台双晶法测之, An 为56.5-59,属拉长石,有序度为0.2-0.8。

普通辉石 为半自形柱状晶体,单独或聚晶状产出, $2V(+) = 49^\circ - 51^\circ$ 。

表 1-2 济南地区岩浆杂岩体第一次主侵入内部相橄榄
辉长苏长岩中矿物光性成分、种属表

编号	产地	斜 长 石						普 通 石		斜 方 辉 石		橄 榄 石		
		双晶结 合面	双 晶 轴	双晶名称	成 分 A _n	种 属	有序度	2V(+)	2V(-)	成 分 (Fe%)	种属	2V	成 分 (Fa)	种 属
72001	卧牛山	(010)	⊥(010)	钠长石	57	拉长石	0.2	49°	67°	23	古铜 辉石	(-)83°	23	贵橄榄石
-2	卧牛山	(010)	⊥(010)	钠长石	58	拉长石	0.2	50°						
			[001]	卡斯巴										
			⊥[001] (010)	卡-钠联合										
-5	卧牛山	(010)	⊥(010)	钠长石	53	拉长石	0.4							
			[001]	卡斯巴										
			⊥[001] (010)	卡-钠联合										
-10	卧牛山	(010)	⊥(010)	钠长石	58	拉长石	0.2	55°	61.5°	27	古铜 辉石	(+)88°	13	贵橄榄石
			[001]	卡斯巴										
			⊥[001] (010)	卡-钠联合										
-12	光光顶	(010)	[001]	卡斯巴	52.5	拉长石	0.4	50°	69°	22.5	古铜 辉石	(-)85°	24	贵橄榄石
-13	驴 山	(010)	⊥[001] (010)	卡-钠联合	54.5	拉长石	0.4		64.5°	25	古铜 辉石	(-)89°	14	贵橄榄石
-14	驴 山	(010)	[001]	卡斯巴	53	拉长石	0.6		63°	26	古铜 辉石	(-)88°	15	贵橄榄石
-20	华山南	(010)	[001]	卡斯巴	82	倍长石			71°	22	古铜 辉石	(-)87°	19	贵橄榄石
-21	无影山	(010)	[001]	卡斯巴	59	拉长石	0.3	50.5°	58°	30.5	紫苏 辉石			
-22	无影山	(010)	[001]	卡斯巴	55	拉长石	0.6		67°	23	古铜 辉石	(+)90°	12	贵橄榄石
-23	无影山	(010)	⊥(010)	钠长石	52.5	拉长石	0.4		60.5°	27.5	古铜 辉石	(-)79°	40	透铁橄 榄石
			[001]	卡斯巴										
			⊥[001] (010)	卡-钠联合										
-24	无影山	(010)	⊥(010)	钠长石	53	拉长石	0.6	50°	60°	28	古铜 辉石			
			[001]	卡斯巴										
			⊥[001] (010)	卡-钠联合										
-30	崔家庄 南	(010)	⊥(010)	钠长石	63.5	拉长石	0.2		68.5°	22.5	古铜 辉石	(-)88°	23	贵橄榄石
			[001]	卡斯巴										
			⊥[001] (010)	卡-钠联合										
-31	崔 家 庄 南	(010)	⊥[001] (010)	卡-钠联合	54	拉长石	0.4		65.5°	24.5	古铜 辉石	(+)90°	12	贵橄榄石
-32	29中西	(010)	⊥(010)	钠长石	55	拉长石	0.4	48°				(-)80°	36	透铁橄 榄石
-43	金牛山	(010)	[001]	卡斯巴	53.5	拉长石	0.4							
-48	凤凰山	(010)	⊥(010)	钠长石	58	拉长石	0.6		61°	27.5	古铜 辉石			
			[001]	卡斯巴										
			⊥[001] (010)	卡-钠联合										

续表

编号	产地	斜 长 石						普 辉 通 石	斜 方 辉 石				橄 榄 石		
		双晶结合面	双晶轴	双晶名称	成分 A_n	种 属	有序度		2V(+)	2V(-)	成分 (Fe $^{2+}$)	种属	2V	成分 (Fa)	种 属
-67	匡 山	(010)	[001]	卡斯巴	52.5	拉长石	0.4								
-68	匡 山	(010)	上(010)	钠长石	57.5	拉长石	0.6		66°	24	古铜辉石	(+)90°	12	贵橄榄石	
			[001]	卡斯巴											
			上[001] (010)	卡-钠联合											
-71	驴 山	(010)	[001]	卡斯巴	53	拉长石	0.4								

橄榄石 为他形不规则粒状,由费氏台2V测定值查表知, $Fa = 15-25$, 属贵橄榄石。

斜方辉石 呈柱粒状,具淡红色多色性,用费氏台测其 $2V(-) \approx 67^\circ-68^\circ$, 查表知, $Fe'' = 23-23.5$, 属古铜辉石。

副矿物成分及特征

仅根据采自橄榄辉长苏长岩中一个重砂分析结果来看,副矿物以磁铁矿为主,其次为磷灰石,含量很少的副矿物为自然铜、金红石、锆石、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等。

磁铁矿 铁黑色,金属光泽,细粒状,晶形不易辨认,多呈包体含于黑云母、辉石及橄榄石中。磁性较强。

磷灰石 无色透明或带乳白色,晶体细小,呈六方柱状及不规则碎块状, $No = 1.645$, $Ne = 1.640$ 。

自然铜 紫铜色,不规则片状,有展性,硬度较低,无磁性。

锆石 以红棕色为主,其次为棕黄色,粒度一般为0.1—0.2毫米。长:宽 = 4:1。主要晶形由正方双锥{111}、复正方双锥{311}{131}、正方柱{100}{110}组成锥形。

黄铁矿 浅黄色,金属光泽,碎块状,无磁性。

黄铜矿 亮黄铜色,金属光泽,无磁性,条痕黑色带绿。硬度3.6,比重4.2。

闪锌矿 黑灰色,碎块状,反光镜下呈棕灰色反射色,反射率17%,内反射为黄棕色。

2. 过震相

辉长苏长岩 (照片6)

为灰黑色,块状构造,中粒状,镜下呈辉长辉绿结构及反应边结构、逆反应边结构等。矿物成分主要有斜长石(40—50%)、普通辉石(20—35%)、斜方辉石(10—25%)、黑云母(5—10%)、正长石(5%以下)、石英(5%以下)。

主要造岩矿物特征 (表1-4-1)

斜长石 呈板条状半自形晶,可见环带构造(表1-4-2)。双晶发育,用费氏台测定结果为钠长石双晶、卡斯巴双晶、卡—钠联合双晶, A_n 为55—59,属拉长石,有序度0.4—0.8。

普通辉石 呈柱状半自形晶,单独或呈聚晶产出,偶见环带构造。费氏台测定 $2V(+)$ $46^\circ-49.5^\circ$ 。

斜方辉石 柱状半自形晶,他形粒状晶。其周围分布着普通辉石、黑云母,组成反应边结构,但有时也分布于普通辉石之周围,形成逆反应边结构。用油浸法测定 $Ng = 1.6950-1.7015$, $Nm = 1.6920-1.6980$, $Np = 1.6840-1.6900$ 。费氏台测其 $2V(-) = 58^\circ-62^\circ$, 查表知 $Fe'' = 26.5-29.5$, 属古铜辉石。

表 1-3 济南地区岩浆侵入杂岩体第一次主侵入内部相橄
榄辉长岩中矿物光性、成分、种属表

编号	产地	斜 长 石						普 通 辉 石	斜 方 辉 石			橄 榄 石		
		双晶结 合面	双晶轴	双晶名称	成 分 A_n	种 属	有序度	2V(+)	2V(-)	成 分 (Fe%)	种 属	2V	成 分 (Fa)	种 属
72007	卧牛山	(010)	{001}	卡斯巴	56.5	拉长石	0.8	51°						
-11	卧牛山	(010)	{001}	卡斯巴	58.5	拉长石	0.6	50°	67°	23	古铜辉石	(-)84°	25	贵橄榄石
-45	标 山	(010)	$\perp$ (010)	钠长石	57	拉长石	0.2	49°	63°	23.5	古铜辉石	(-)84°	25	贵橄榄石
			{001}	卡斯巴										
			$\frac{\perp\{001\}}{(010)}$	卡-钠联合										
-46	标 山	(010)	$\perp$ (010)	钠长石	57.5	拉长石	0.6	51°				(-)89°	15	贵橄榄石
-66	匡 山	(010)	$\perp$ (010)	钠长石	59	拉长石	0.4	50°						

表 1-4-1 济南地区岩浆杂岩体第一次主侵入过渡相辉
长苏长岩中矿物光性、成分、种属表

编 号	产 地	斜 长 石						普通辉石	斜 方 辉 石		
		双晶结 合面	双 晶 轴	双晶名称	成 分 A_n	种 属	有序度	2V(+)	2V(-)	成 分 (Fe%)	种 属
72017	华 山	(010)	$\frac{\{001\}}{(010)}$	卡-钠联合	55	拉长石			58°	29.5	古铜辉石
-18	华 山	(010)	$\frac{\perp\{001\}}{(010)}$	卡-钠联合	55	拉长石	0.4		59.5°	28.5	古铜辉石
-19	华 山	(010)	{001}	卡斯巴	56.5	拉长石	0.4	49.5°	60.5°	27.5	古铜辉石
-38	药山西	(010)	$\frac{\perp\{001\}}{(010)}$	卡-钠联合	57	拉长石	0.8				
-49	鹁 山	(010)	$\perp$ (010)	钠长石	55	拉长石			59°	29	古铜辉石
-51	鹁 山	(010)	{001}	卡斯巴	59	拉长石	0.6		60.5°	27.5	古铜辉石
-57	鹁山西	(010)	{001}	卡斯巴	50	拉长石			62°	26.5	古铜辉石
73075	华 山	(010)	{001}	卡斯巴	55	拉长石	0.6	46°			

黑云母 呈叶片状，常分布于普通辉石的周围。2个化学分析结果分别为 $\text{FeO}10.89$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3 4.53$ ； $\text{FeO}12.99$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3 3.13$ 。

正长石 呈他形不规则状， $2V(-) = 76^\circ$ ，有序度为0.8。分布于斜长石之间隙内，并有交代斜长石的现象（表1-4-2）。

石英 呈他形不规则状，沿上述矿物之间隙分布。

副矿物成分及特征

从一个该岩石类型的人工重砂分析结果来看，副矿物主要为磁铁矿，其次为磷灰石、锆石。很少见有自然铜、钛铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿及金红石等。

磁铁矿 黑色，粒状，一般分布于黑云母及辉石中，作为包体产出。

磷灰石 多数晶体无色，少数带浅黄色，个别为浅灰色，玻璃光泽，一般呈六方柱与六方双锥聚形，常作为黑云母之包体产出，或分布于斜长石之间隙内。

表 1-4-2 济南地区燕山期不同阶段岩浆侵入杂岩中长石类电子探针分析数据与位置

产地	侵入阶段	薄片号	岩性	斜长石		钾长石		分析位置示意图	
				Ab	Or	An	Ab	Or	An
华山	I	720019	辉长苏长岩	62.5	3.1 (1)	34.3	14.6	84.3 (2)	1.1
		72009	辉长苏长岩	49.5	1.4 (1)	49.1			
				70.8	0 (2)	29.2			
卧牛山	I	IJ-3106	角闪辉长苏长岩	58.0	0 (3)	42	15.2	83.3 (2)	1.3
				46.2	0.9 (1)	52.8			
机床四厂	I	IJ-73039	角闪辉长苏长岩	62.3	0.9 (3)	36.8			
				59	1 (1)	40.8			
机床四厂	I	IJ-73039	角闪辉长苏长岩	36.9	2.5 (2)	60.6			
鹊山	IV	720039	透辉正长岩	98.4	1.0	2.6			

注：括号内的数字表示电子探针分析位置号

电子探针分析者：周剑雄（中国地质科学院矿床地质所）

